

SÉRIE A, n° 171
N° D'ORDRE : 493

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

WANG-TAI-SI

1^{re} Thèse. — RECHERCHES SUR LE CUIVRE, LE FER, LE MANGA-
NÈSE ET LE ZINC CHEZ LES MOLLUSQUES.

2^e Thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le _____, devant la Commission d'examen.

Président : M. GABRIEL BERTRAND
Examineurs : { M. PORTIER
 { M. FREUNDLER

PARIS
IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MEDECINE
JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS
15, RUE RACINE, 15

1928

SÉRIE A, n° 171

N° D'ORDRE : 193

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

WANG-TAI-SI

1^{re} Thèse. — RECHERCHES SUR LE CUIVRE, LE FER, LE MANGANESE ET LE ZINC CHEZ LES MOLLUSQUES.

2^e Thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le _____, devant la Commission d'examen.

Président : M. GABRIEL BERTRAND

Examineurs : { M. PORTIER
 { M. FREUNDLER

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MEDECINE
JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1928

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen Ch. MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe.

Doyens honoraires . . P. APPELL, M. MOLLIARD.

Professeurs honoraires.
P. PUISEUX.
V. BOUSSINESQ.
A. JOANNIS.
H. LE CHATELIER.
H. LEBESQUE.

A. FERNBACH.
A. LEDUC.
G. SAGNAG.

Professeurs ÉMILE PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure.
G. KOENIGS Mécanique physique et expérimentale.
E. GOURSAT Calcul différentiel et calcul intégral.
P. JANET Electrotechnique générale.
F. WALLERANT . . . Minéralogie.
H. ANDOYER Astronomie.
P. PAINLEVÉ Mécanique analytique et mécanique céleste.
Gabriel BERTRAND . . Chimie biologique.
M^{me} P. CURIE Physique générale et radioactivité.
M. CAULLERY Zoologie (Évolution des êtres organisés).
C. CHABRIÉ Chimie appliquée.
G. URBAIN Chimie minérale.
Émile BOREL Calcul des probabilités et Physique mathém.
L. MARCHIS Aviation.
Jean PERRIN Chimie physique.
Ramy PERRIER . . . Zoologie (Enseignement P.C.N.).
H. ABRAHAM Physique.
M. MOLLIARD Physiologie végétale.
E. CARTAN Géométrie supérieure.
L. LAPICQUE Physiologie générale.
E. VESSIOT Théorie des fonctions et théorie des transformations.
A. COTTON Physique générale.
J. DRACH Application de l'analyse à la géométrie.
Charles FABRY Physique.
Charles PÉREZ Zoologie.
Léon BERTRAND . . . Géologie appliquée et géologie régionale.
R. LESPIEAU Théories chimiques.
E. RABAUD Biologie expérimentale.
P. PORTIER Physiologie comparée.
E. BLAISE Chimie organique.
P.-A. DANGEARD . . . Botanique.
P. MONTEL Mécanique rationnelle.
P. WINTREBERT . . . Anatomie et Histologie comparées.
O. DUBOSQ Biologie maritime.
G. JULIA Mathématiques générales.
A. JOB Chimie générale.
A. MAILHE Étude des combustibles.
L. LUTAUD Géographie physique.
Eugène BLOCH . . . Physique théorique et physique céleste.
Henri VILLAT . . . Mécanique des fluides et applications.
Ch. JACOB Géologie.



E. HÉROUARD	Zoologie.	E. DARMOIS	Physique.
E. PÉCHARD	Chimie (Ens ^t P.C.N.).	G. BRUHAT	Physique.
V. AUGER	Chimie analytique.	H. MOUTON	Chimie physique.
M. GUICHARD	Chimie minérale.	L. JOLEAUD	Paléontologie.
A. GUILLET	Physique.	M. JAVILLIER	Chimie biologique.
C. MAUGUIN	Minéralogie.	A. DUFOUR	Physique (P.C.N.).
L. BLARINGHEM . . .	Botanique.	F. PICARD	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
A. MICHEL-LÉVY . . .	Pétrographie.	ROBERT-LÉVY . . .	Zoologie.
A. DEREIMS	Géologie.	L. DUNOYER	Optique appliquée.
R. DONGIER	Physique du globe.	A. GUILLIERMOND .	Botanique (P.C.N.)
A. DENJOY	Calcul différ ^l et intég ^l .	A. DEBIERNE	Radioactivité.
H. BÉNARD	Physique (P.C.N.).		

Secrétaire Daniel TOMBECK

A MONSIEUR LE DOCTEUR E. ROUX

**Membre de l'Institut
Directeur de l'Institut Pasteur**

A MONSIEUR LE PROFESSEUR GABRIEL BERTRAND

**Membre de l'Institut
Professeur à la Faculté des Sciences
Chef de Service à l'Institut Pasteur**

Hommage de reconnaissance.

A MONSIEUR L'ABBÉ YVES HENRY

Recteur au Collège Saint-Ignace
à Zi-Ka-Wei (Shanghai)

A MONSIEUR L'ABBÉ JOSEPH MOLLAT

Directeur du Foyer des Etudiants d'Extrême-Orient
à Bourg-la-Reine (Seine)

Témoignage de reconnaissance.

RECHERCHES

SUR

le Cuivre, le Fer, le Manganèse et le Zinc

CHEZ LES MOLLUSQUES

INTRODUCTION

Infiniments petits chimiques chez les êtres marins.

La composition élémentaire des êtres vivants a toujours retenu vivement l'attention des physiologistes et des bibliogistes. Il y a plus de vingt ans, pour Bunge, le nombre des éléments qui entraient dans la constitution normale de la matière vivante se réduisait à 13. Depuis, de nombreuses recherches poursuivies par des bio-chimistes ont permis de découvrir une trentaine de corps simples sur les 90 actuellement connus. Mais 25 corps seulement, dont 13 métalloïdes et 12 métaux, ont été l'objet d'une étude systématique et suivie. Ces corps simples ont pu être, non seulement caractérisés, mais encore, pour la plupart au moins, dosés avec une certaine précision.

La méthode analytique devient impuissante dès qu'il s'agit d'établir soit la quantité optima de chaque élément, soit l'action de ce même élément sur les êtres vivants. Pour la compléter, on emploie les méthodes synthétique et physiologique.

Ces méthodes ont permis de classer (1) les corps simples en deux catégories essentielles :

1° *Les éléments plastiques* : ce sont C, H, O, N, P, S, K, Na, Mg, Ca, Si, Cl. Ces corps sont des constituants de la matière vivante et s'y trouvent généralement en assez forte proportion ;

2° *Les éléments catalytiques* : ces corps comme Mn, Zn, Ni, Co et d'autres encore entrent dans la matière vivante en propor-

1. Suivant la proposition de Gabriel Bertrand,

tion très faible et interviennent dans les phénomènes biologiques à la manière d'un catalyseur chimique.

Cependant, un certain nombre d'éléments peuvent jouer à la fois un rôle plastique et catalytique.

Les 12 métaux entrant dans la constitution normale des êtres vivants sont la plupart, sinon tous, des catalyseurs biogénétiques bien étudiés. Ce sont : Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, Cu, Mn, Zn, Va, Ni, Co.

Dans la nature, le sodium se trouve combiné au chlore et c'est sous cette forme qu'on le rencontre dans tous les liquides d'origine animale, alors que le K, prédomine surtout dans le suc cellulaire des végétaux.

Chez les végétaux, on trouve toujours une proportion notable de calcium, tandis que dans le règne animal la teneur en magnésie l'emporte. Le calcium et le magnésium combinés à l'acide phosphorique et à de petites quantités d'acide carbonique constituent le squelette des vertébrés ; les mêmes corps combinés à l'acide carbonique et à très peu d'acide phosphorique forment la carapace des crustacés et la coquille des mollusques.

Le calcium est un élément indispensable à la digestion pancréatique.

Le magnésium entre dans la constitution de la chlorophylle des plantes. Le rôle que joue l'ion magnésium dans la synthèse chlorophyllienne est comparable dans une certaine mesure à celui du fer dans l'hémoglobine du sang des vertébrés.

La fonction de l'aluminium reste encore vague. D'après les travaux de Stoklasa, G. Bertrand et H. Agulhon (7 a), il est toutefois reconnu que son emploi comme engrais favorise le développement des végétaux.

Le rôle du fer en biologie est assez bien connu, c'est un élément indispensable à l'organisme vivant. Tout le monde sait que le pigment respiratoire des vertébrés résulte de la combinaison du fer à une protéine. Il est inutile de rappeler le rôle fondamental de cet élément qui constitue le convoyeur indispensable de l'oxygène nécessaire à nos tissus.

Le cuivre remplace le fer comme convoyeur d'oxygène dans le pigment respiratoire du sang des mollusques et des crustacés.

Quoique l'existence du soi-disant pigment respiratoire à base de manganèse (Pinnaglobine) ait été mise en doute pendant ces dernières années, le manganèse continue à jouer un rôle important en agriculture. Cet élément constitue le véritable prototype des éléments oligosynergiques.

Le manganèse possède à un très haut degré la propriété de transporter l'oxygène et dans l'action oxydasiqque, son rôle a été nettement mis en évidence par M. G. Bertrand.

A la suite du manganèse se place le zinc, dont l'importance physiologique n'est pas moindre. Cet élément entre dans la constitution intime des cellules et joue un rôle important dans les phénomènes de reproduction. Il est intéressant de constater que la teneur en zinc augmente avec la toxicité des venins de serpents.

Dans le sang des tuniciers, à la place du fer ou du cuivre, c'est le vanadium qui joue le rôle de convoyeur d'oxygène.

Le nickel et le cobalt sont les derniers venus dans la famille des « Infiniments petits chimiques ». Ils sont répandus aussi bien dans le règne animal que dans le règne végétal. La richesse de ces deux métaux dans le pancréas a conduit G. Bertrand et Machebœuf à étudier l'activation de l'insuline au moyen de ces métaux.

D'après ce court aperçu du rôle physiologique des différents métaux, nous constatons que chaque métal remplit une ou plusieurs fonctions bien déterminées, et que la localisation de ces métaux dans un tissu est quasi-spécifique. De même chez les êtres marins, chaque tissu ou organe a une affinité spéciale pour tel ou tel métal.

On sait que les Fucus et les laminaires sont très riches en iode.

Sur les côtes de Bretagne, Baterson a constaté que le mucus de Balanoglosse est photogénique et devient violet à la lumière. Cet animal marin, vivant dans le sable, dégage une odeur forte et caractéristique qui rappelle celle de l'iodoforme. On peut se demander pourquoi le balanoglosse emmagasine l'iode dans son organisme.

Le rubidium et le césium, métaux assez rares, même dans la terre, sont cependant rencontrés dans la coquille des huîtres.

La présence du fluor et de l'argent a été signalée dans quelques coraux.

Le zinc est considéré comme un élément constituant des invertébrés marins.

On a dosé, dans le foie de *Fasciolaria gigantea*, jusqu'à 0 mgr.05 de Pb 0² pour 20 grammes de matière sèche. Chez les langoustes la teneur en plomb varie entre 0 mgr.6 et 2 mgr.6 pour 100 grammes de matière fraîche.

L'arsenic entre dans la constitution normale d'animaux marins ; comme les huîtres, les moules, les praires et certains poissons. Mais la teneur en métal devient très élevée chez les langoustes, la moyenne est de 4 milligrammes pour 100 grammes de tissu frais. Dans un échantillon la proportion a atteint 11 milligrammes. Chez les huîtres on a trouvé entre 0, 77 et 1, 47 milligrammes par kilogramme de tissus frais.

Dans certains cas, la teneur élevée en ce métal chez les animaux marins pourrait causer des accidents d'intoxication après l'ingestion par l'homme.

Le cuivre est très répandu chez les êtres marins surtout sous forme d'hémocyanine.

Certains animaux marins ont une sensibilité extraordinaire vis-à-vis d'un métal donné. Le spyrographe présente déjà des phénomènes d'empoisonnement si l'eau contient seulement

$\frac{1}{1.000.000.000}$ de cuivre. D'autre part, G. Bertrand a montré l'action favorable du manganèse sur le développement de l'*Aspergillus niger* à une concentration de $\frac{1}{10.000.000.000}$.

Chez les animaux supérieurs, l'étude des infiniment petits chimiques a été entreprise d'une façon suivie et il ne serait pas sans intérêt de savoir si les animaux inférieurs et surtout les Mollusques se comportent de la même manière vis-à-vis du fer, du manganèse, du cuivre et du zinc.

Nous nous sommes proposé d'étudier ces quatre métaux chez les mollusques non sans quelques raisons. Les mollusques sont en effet parmi les vertébrés qui se prêtent le mieux aux expériences ; parce que, d'une part, ils sont très largement répandus et, d'autre part, parce qu'ils offrent en même temps le plus haut degré de variété et de spécialisation. Nous avons à notre disposition, depuis les lamelliblanches, animaux porteurs de deux valves, impropres à la locomotion, jusqu'aux céphalopodes,

chasseurs marins par excellence, une gamme d'animaux dont chaque espèce présente des particularités intéressantes.

Notre travail comporte deux chapitres ; dans le premier nous nous proposons d'étudier :

1^o La présence de ces quatre métaux dans une cinquantaine d'espèces de mollusques appartenant soit aux céphalopodes ou gastéropodes, soit aux lamellibranches ;

2^o Les relations, au point de vue quantitatif, qui pourraient exister entre les trois classes de mollusques et entre les différentes espèces d'une même classe ;

3^o Les variations physiologiques de ces métaux suivant les individus et suivant la taille des mollusques ;

4^o La répartition de ces métaux dans différents tissus et dans le même tissu de différentes espèces de mollusques ;

5^o L'influence que pourrait exercer le jeûne sur la teneur de ces métaux chez les escargots.

Dans le second chapitre nous étudierons la teneur en métaux des différents protéides du liquide coelomique des moules.

Ce travail directement inspiré par M. Gabriel Bertrand-membre de l'Institut, a été exécuté dans son laboratoire à l'Institut Pasteur. Nous avons essayé de le conduire à bien et d'apporter une contribution aussi faible soit-elle à notre connaissance sur la physiologie de ces quelques métaux lourds dans les diverses espèces de mollusques.

Notre tâche a été grandement facilitée par les idées les principes, les conseils que notre éminent Maître n'a cessé de nous donner. Toute manipulation dans cet ordre de recherche exige énormément de travail, de temps et de matériel ; mais toutes nos difficultés ont été surmontées grâce aux facilités que M. G. Bertrand nous a accordées.

Qu'il nous soit permis de lui adresser l'expression de notre vive reconnaissance et de nos bien sincères remerciements pour l'excellent accueil qu'il nous a réservé dans son laboratoire.

Une grande partie du matériel a été recueilli à la Station biologique de Roscoff (Finistère). Nous nous permettons ici de présenter à M. le professeur Ch. Pérez, directeur de la Station et à M. Marcel Prenant, chef de la Station, nos sentiments de reconnaissance et nos meilleurs remerciements pour leurs excel-

lents conseils et le bon accueil qu'ils ont bien voulu nous réserver lors de notre séjour à Roscoff.

Nos sincères remerciements vont aussi à M. le Professeur Dubosq, directeur du Laboratoire d'Arago à Banuyls-sur-Mer, pour son bon accueil et l'amabilité qu'il a eue de nous faire draguer des *Pinna Rudis* (L.).

Enfin, nous nous en voudrions d'oublier M. Mollat que nous remercions bien vivement pour nous avoir aidé à faire imprimer ce travail dans de bonnes conditions.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

QUELQUES CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE FER, LE CUIVRE, LE MANGANÈSE ET LE ZINC EN BIOLOGIE.

Les quatre éléments dont nous nous occupons sont très répandus dans la nature soit dans les eaux, soit dans la terre. On les trouve également en très petite quantité dans toutes les roches de formation primordiale.

G. Bertrand et Mokragnatz (116) dosèrent le zinc de 78 échantillons de terre arable provenant de différentes régions de la France. D'après leurs recherches la teneur en zinc varie entre 4 et 87 milligrammes par kilogramme de terre.

Dans une terre arable et sablonneuse de Hongrie, Vedrödi (138) trouve de 80 à 1.440 milligrammes de cuivre par kilogramme de terre. Il constate également que les plantes qui poussent sur ce terrain sont quatre fois plus riches en cuivre que le terrain même.

Dieulafait (48), en 1880, montre l'extrême diffusion du zinc dans la nature et dose 2 milligrammes de ce métal dans un mètre cube d'eau de la Méditerranée.

D'après Bodansky, l'eau de Galveston contient, par kilogramme, 0 mgr. 0073 de zinc et 0 mgr. 14 de cuivre.

Nous avons trouvé dans l'eau de mer de Roscoff, 0 mgr. 010 à 0 mgr. 020 de Cu. par litre d'eau.

Dans les eaux potables, Haas dose 0 mgr. 05 à 1 milligramme

de manganèse par litre et Mach signale 0 mgr. 07 de cuivre par litre.

D'après H. Nakamura (117), l'eau de la Seine contient 0 mgr. 120 de fer par litre. Ce même auteur trouve dans l'eau distillée, obtenue avec un appareil en cuivre, 0 mgr. 001 de fer par litre.

Lehmann dose 1 mgr. 2 de cuivre par litre d'eau distillée (143).

Enfin Zanda (143) dit que 500 échantillons d'eaux minérales contiennent jusqu'à 72 mgr. 3 de sulfate de cuivre par litre et qu'il peut déceler le cuivre dans 28 eaux de mer différentes.

* * *

Suivant leurs besoins, les plantes puisent ces métaux dans la terre.

Les expériences de Raulin, Bertrand, Javillier démontrent que des traces de zinc augmentent beaucoup le développement de l'*Aspergillus niger*. G. Bertrand montre l'influence favorable qu'exerce le manganèse à une invraisemblable dilution sur le développement de cette même moisissure.

Loew et ses élèves montrent l'influence favorable du manganèse sur la récolte du riz dont le rendement peut augmenter de 42 %.

En expérimentant en grand, G. Bertrand et Thomassin obtiennent une augmentation de récolte qui atteint pour l'avoine 22,5 %.

Ces expériences conduisent, en agriculture, à l'emploi de sels de manganèse mélangés aux engrais chimiques. C'est l'origine des engrais catalytiques.

* * *

Depuis quelques années on a cherché à établir des relations entre certains métaux lourds et les vitamines. On sait que certains métaux normaux et des vitamines sont liés aux tissus vivants et que, très probablement, ils interviennent tous les deux dans la même fonction physiologique.

Tout d'abord, Cooper établit que la teneur en vitamine B

dans les organes du bœuf est proportionnellement à la quantité d'acide nucléique qu'ils contiennent ; puis, en 1921, Findley signale que la vitamine B est indispensable pour la formation de l'acide nucléique.

Suivant les recherches de Benzon (5) (1923), la teneur en zinc varie, dans l'organisme vivant, proportionnellement avec celle de la vitamine B. On croit, d'une part, que la nature de la vitamine B et la combinaison organique du zinc normal sont inconnues, et, d'autre part, que le zinc et la vitamine B ne forment qu'un tout intime comme le manganèse et la complémentaire organique dans la laccase, dont la nature conditionnerait la spécificité.

En Amérique, Mc Hargue a étudié les relations de la teneur en cuivre (108) et en manganèse (107) avec les vitamines A et B, dans diverses substances. Il trouve que la teneur en manganèse est plus élevée dans le son que dans le riz poli (35 mgr. contre 1 mgr. $\%$). Ce qui correspond à la localisation presque exclusive de la vitamine B dans le son.

L'huile de foie de morue qui est très riche en vitamine A, contient aussi une forte proportion de cuivre (Mc Hargue) et de zinc (G. Bertrand et Benzon). De même, les graines et les feuilles jeunes, riches en cuivre, se montrent très riches en vitamine A.

Dans le règne animal, les organes glandulaires, comme le foie, les reins, la rate sont connus comme étant riches en métaux ; ils contiennent aussi beaucoup de vitamines.

Beaucoup de chercheurs ont conseillé l'ingestion de foie de différents animaux comme moyen préventif contre les avitaminoses.

* * *

Yabusoe (142a) (1925) dose en moyenne, dans les cancers du rat 320 milligrammes de fer par kilogramme de matière sèche (fer pigmentaire non compris). Tandis que dans le tissu conjonctif, là où la respiration est très faible, l'auteur trouve seulement 40 milligrammes par kilogramme de matière sèche. Dans deux cas de fibrome du sein, l'auteur trouve respectivement 40 milligrammes et 50 milligrammes par kilogramme de matière sèche.

Medigreceanu (110) étudie la teneur en manganèse de différentes tumeurs transplantées sur des rats, des souris et des chiens. Il constate d'une façon générale que la proportion en manganèse est très faible. Elle varie entre 0 mgr. 004 et 0 mgr. 012 % de tissu frais. La tumeur épithéliale de la glande mammaire du rat contient plus de manganèse que le tissu correspondant normal (0, 26 % contre 0, 014 %).

White (140a) (1921) trouve dans les tumeurs bénignes et les tumeurs malignes, que la teneur en cuivre varie entre 14 mgr. 9 et 26 mgr. 2 de cuivre par kilogramme de substance fraîche. Mais les tumeurs en dégénérescence sont plus riches en cuivre (60 mgr. 2 ‰ de tissu frais). Le zinc se trouve surtout dans le tissu en activité cellulaire, tandis que le cuivre joue un rôle catalytique dans la dégénérescence des tumeurs.

Taverne (137) trouve que la teneur en cuivre est plus élevée dans le cancer du sein que dans la mamelle normale (0 mgr. 94 contre 0 mgr. 54 ‰).

Tout récemment Guérithault (95a) (1927) a montré qu'il n'existe pas de différences dans la teneur en cuivre des organes de malades cancéreux et de malades morts d'affections diverses, et que le sang et le foie des cancéreux ne sont pas déficients en cuivre.

Contrairement à l'observation de Taverne signalant peu de variation dans la teneur en zinc du cancer du sein et de la mamelle normale (3 mgr. 75 % contre 3 mgr. 65 %). Cristol (34 et 35) (1922-1927) constate que la proportion de zinc est plus grande dans les tumeurs malignes que dans les tumeurs bénignes ou les tissus normaux.

Voici quelques résultats en milligrammes de zinc pour 1 kilogramme de tissu sec :

Fibro-myome utérin.....	0,257 à 0,307
Epithélioma utérin	0,794
Cancer du sein	0,737 à 0,783

De ces faits, il résulte que les proportions de manganèse, cuivre et zinc augmentent dans les tumeurs malignes.

*
* *
*

Le métabolisme du fer est celui qui a été le mieux étudié.

D'après Bunge, le jeune animal apporte en venant au monde une provision de fer relativement élevée. Pendant la période de lactation, il ne trouve pas dans le lait maternel la quantité de métal qui correspond à son développement. C'est surtout aux dépens du fer d'origine placentaire qu'il doit former ses tissus. Cet auteur explique ce fait en montrant que cette réserve de fer est nécessaire à la production des hématies pendant la lactation et qu'elle n'existe pas chez les animaux qui, comme le cobaye, mangent dès leur naissance.

L'enfant, nouveau-né, possède dans son foie une réserve de fer qui dure jusqu'à ce que son poids ait triplé.

D'après Camerer (30) le lait sécrété entre trois et douze jours après la parturition, contient 0 mgr. 2 de Fe^2O^3 pour 100 centimètres cubes et celui qui est sécrété plus tard n'en contient que 0 mgr. 1.

G. Bertrand et Vladesco (15) montrent que, chez le lapin, la souris, le cobaye, etc., la teneur du corps en zinc présente un maximum dans le jeune âge et dans la vieillesse.

On trouve aussi, chez certains animaux, une teneur en cuivre qui varie avec l'âge.

. . .

Les œufs des oiseaux sont très riches en ces métaux qui se localisent surtout dans le jaune. On a principalement étudié l'œuf de poule. Bunge trouve une fois et demie plus de fer dans le jaune que dans le blanc. G. Bertrand et Nakamura dosent 1 mgr. 65 de fer dans le jaune et 0 mgr. 57 seulement dans le blanc.

Pichard, G. Bertrand et Medigreceanu montrent que presque tout le manganèse d'un œuf se localise dans le jaune. D'après Mc Hargue, le jaune contient 2 mgr. 75 de manganèse pour 1.000 grammes de matière sèche.

Fleuret et Lévi (55), n'ont pu déceler la présence du cuivre dans le blanc; ils dosent 20 milligrammes de ce métal par kilogramme de matière sèche dans le jaune. Dans un kilogramme de jaune d'œuf sec, Mc Hargue trouve 6 milligrammes de cuivre et Lehmann 0 mgr. 55 seulement.

Délézenne dose dans un œuf de poule 1 mgr. 35 de zinc

localisé surtout dans le jaune. Birkner, G. Bertrand et Vladesco confirment ce résultat.

Chez les mollusques comme chez les vertébrés, ces métaux se transmettent d'une génération à l'autre.

Dans les œufs de moules d'eau douce, Bradley trouve 0 mgr. 633 de manganèse pour 100 grammes de tissus frais.

Personnellement nous trouvons dans les œufs de seiche, recueillis à Paimpol (Finistère), 0 mgr. 91 de fer ; 0 mgr. 03 de manganèse et 0 mgr. 10 de cuivre dans 100 grammes de tissus frais. Ces métaux se localisent surtout dans la coque.

* * *

Nous avons vu, dans les paragraphes précédents les différents rôles que pourraient jouer ces métaux en biologie et nous venons de montrer que ces métaux se trouvent même chez les animaux jeunes et dans les œufs.

Il est intéressant de savoir comment ces métaux s'éliminent de l'organisme.

Chez l'homme on trouve en moyenne 0 mgr. 4 de fer dans l'urine, 1/2 milligramme de fer dans les fèces et 0 mgr. 09 de fer dans la bile (38), en vingt-quatre heures.

Dans les urines de vingt-quatre heures, Giaya dose 0 mgr. 23 à 2 milligrammes de zinc.

Drinker et ses collaborateurs (50) trouvent 2 mgr. 87 à 19 mgr. 2 de zinc dans les fèces de vingt-quatre heures.

Hess, Supplee et Bellis (84) considèrent le cuivre comme un élément normal du lait de femme, dont la teneur varie entre 0 mgr. 4 et 0 mgr. 6 par litre. Ces deux derniers auteurs pensent que ces traces de cuivre peuvent hâter la disparition des vitamines par oxydation.

Meunier et Saint-Laurens (114) viennent de trouver 3 grammes de cuivre pour 1.000 grammes de matière dans les calculs biliaires humains.

D'après Mc Cracken et Passamanek (105) l'urine normale de l'homme contient moins de 0 mgr. 2 de manganèse pour 1.000 grammes. Ils rapportent 3 cas de manganurie chez des malades traités avec des plantes riches en manganèse.

G. Bertrand et F. Medigreceanu (10a) montrent que, chez le

lapin, l'élimination du manganèse a lieu surtout par le foie, la bile et le tube digestif ; une petite proportion de métal passe aussi à travers les reins et se déverse dans l'urine.

Tout récemment Reiman et Minot (126) ont étudié l'élimination du manganèse chez le chien. Ils constatent que le manganèse normal du sang n'augmente pas et que le manganèse, d'ailleurs comme tous les métaux lourds, s'élimine par l'intestin mais jamais par l'urine. Dans la bile du chien en expérience, ils trouvent 1 mgr. 6 à 3 mgr. 6 de manganèse pour 100 grammes de matière fraîche.

Puisque nous éliminons chaque jour ces métaux par nos excréments, on peut se demander quelles sont les quantités nécessaires au maintien de l'équilibre métallique d'un homme ordinaire normal.

Pour le fer Sherman (134) conseille 15 milligrammes par jour. Fairhall (52) montre que l'homme normal a besoin quotidiennement de 10 à 15 milligrammes de zinc.

Chez des rats nourris avec des aliments synthétiques, Mc Hargue (106) constate que de petites quantités de manganèse jouent un rôle physiologique indéniable et que probablement le cuivre et le zinc interviennent aussi dans des fonctions biologiques importantes.

Au point de vue thérapeutique, le fer et le cuivre sont bien connus.

L'emploi du cuivre est préconisé contre certains champignons inférieurs en agriculture, contre quelques maladies à staphylocoque et à streptocoque chez l'homme, et contre la lèpre et la tuberculose. En se basant sur l'hypothèse que le cancer est une maladie parasitaire, certains auteurs comme Gerloch (1772), Gamet, Gaube du Gers (1910) ont essayé le cuivre contre cette maladie, d'ailleurs sans grand résultat.

En présence, d'une part, de la recrudescence des cancers et, d'autre part, de l'emploi moins fréquent des ustensiles en cuivre aujourd'hui, Viguié (138a) (1923) préconise vivement le cuivre comme moyen prophylactique contre les cancers.

Hannon, Petrequin, Lemoine et certains autres auteurs ont essayé, avec quelques succès, l'emploi du manganèse contre certaine chlorose.

Dernièrement Nott (118a) (1925-1926) fait remarquer que dans

certaine toxémie et infections chroniques, il y a une insuffisance thyroïdienne bien marquée et cette insuffisance serait facilement combattue à l'aide d'injection rectale de permanganate. Par cette méthode, l'auteur a obtenu de bons résultats contre beaucoup de maladies (méningite, arthrite, pneumonie, affections cardiaques, goutte, etc...).

Nous donnons ci-après un tableau résumant la teneur en différents métaux des organes humains :

Répartition de quelques métaux dans les divers organes humains

(en mg. pour 100 gr. de substance fraîche)

Fe	Auteurs	Cu	Auteurs	Mn	Auteurs	Zn	Auteurs	
Foie.....	60,8	Magnus-Levi	0,2 à 0,5 1,15 1,20	{ Lehmann Yagi White	0,17	Reiman et Minot	{ 14,5 Giaya	Rost et Weitzel Giaya
Rate	72,3	—	0,2 à 0,5	Lehmann	0,032	—	—	Giaya
Reins ...	15,8	—	{ 0,12 à 0,2 0,32 0,35	Lehmann Yagi White	0,061	—	—	—
Pancreas.	4,5	—	0,28	Guérithault	0,076	—	—	—
Cerveau .	8,3	—	0,36 à 0,68	Bodansky	0,026	—	{ 4,50 5,2 à 11,5	Giaya Bodansky
Cœur ...	6,7	—	0,4	Lehmann	0,021	—	4,10	Giaya
Sang	0,45	—	0,06	Guérithault	0,005 à 0,025	—	—	—
Poumons	67,2	—	—	—	0,020	—	3,6	Giaya
Muscle ..	25,3	—	0,10	Guérithault	0,014	—	—	—
Viscères .	13,3	—	—	—	0,030	—	—	0,88 à 4,8 Giaya
Cheveux	—	0,80	Guérithault	0,1 à 0,2	J. Mc Crae	—	—	—

CHAPITRE II

HISTORIQUE ET RECHERCHES ANTÉRIEURES SUR LE FER, LE CUIVRE, LE MANGANESE ET LE ZINC CHEZ LES MOLLUSQUES.

I. — Le fer en biologie.

A. — SUR LA PRÉSENCE DU FER CHEZ LES ÊTRES VIVANTS.

a) *Chez les végétaux.*

La découverte de cet élément chez les êtres vivants est due au grand chimiste français Geoffroy (61), en 1704. Ce savant, au moyen d'un couteau aimanté trouve du fer dans les cendres des végétaux bien calcinés et soigneusement lessivés. Il se demande finalement s'il peut y avoir des cendres exemptes de fer.

Deux ans plus tard, Lemery fils (95) trouve le fer non seulement dans les cendres des plantes mais encore dans celles de castoreum et en conclut que ce métal fait partie de la composition normale du tissu vivant.

Vient-il des aliments ? Oui, car la présence du fer dans les aliments a été décelée par Boussingault, en 1868, ainsi que par beaucoup d'autres savants.

C'est seulement en 1921 que Maquenne et Cerighelli (101) ont fait une étude très complète sur le fer dans le règne végétal. Après avoir analysé les différentes parties de 30 espèces de plantes dont la plupart sont comestibles, les auteurs conclurent que le fer est distribué dans tous les organes végétaux et s'y déplace à la façon du cuivre. Les bourgeons et les jeunes feuilles sont très riches en fer. De même que le cuivre, le fer accom-

pagne les aliments nutritifs dans toute leur migration à travers les tissus de la plante et se porte de préférence aux points où l'activité vitale est la plus grande.

H. Nakamura (117), en 1924, dose le fer dans une centaine d'espèces d'aliments d'origine végétale ; il généralise la présence de ce métal dans le règne végétal et en précise davantage le rôle physiologique.

b) *Chez les animaux.*

Pendant plus d'un demi-siècle les savants se sont occupés de savoir si le fer est résorbé ou non par le tube digestif des animaux. De nombreux travaux ont été faits à ce sujet. Dans les uns on admet la résorption du métal, dans les autres on la nie. On dit aussi que la résorption de ce métal ne se fait qu'aux endroits exempts d'épithélium. Pour essayer de résoudre cette question, beaucoup d'auteurs étudient l'élimination de ce métal.

Après avoir découvert le métal dans le sang de l'homme et des animaux, Vincenti Menghini (113) (1747) généralise la connaissance de la présence du fer chez les êtres vivants.

Le fer, présent dans les tissus et dans le pigment sanguin, joue un rôle important dans la nutrition et la respiration.

Socin (135) en 1891, veut déterminer la quantité de fer fixé par l'organisme, en faisant ingérer une quantité connue de fer à des animaux en expériences. Il analyse le fer éliminé dans les fèces et dans l'urine. L'urine n'en contient que de traces. En poussant plus loin ses expériences, il montre que les souris nourries avec des aliments riches en fer ont une survie plus longue que les témoins et que le fer organique est mieux utilisé que le fer minéral. Il constate aussi que les souris nourries avec des aliments artificielles meurent toutes après un certain temps. Ce fait a été d'ailleurs signalé par Lunin, en 1881.

G. Bertrand et H. Nakamura (10 b) (1924) montrent que chez les souris, une partie notable du fer ingéré sous forme d'alun de fer ammoniacal, a été résorbé et retenu par les tissus de l'animal. Cette résorption n'a fait sentir ses effets d'une manière appréciable pour la survie que dans le cas où les jeunes animaux ont été séparés de leur mère quelques jours après le commencement du sevrage naturel, lequel a lieu, chez la souris,

ordinairement le vingt-et-unième jour. Dans le lot des souris séparées de leur mère le vingt-sixième jour, la survie est de seize jours chez les animaux nourris avec des aliments sans fer et de vingt-sept jours chez celles qui sont nourries avec des aliments additionnés de fer.

D'après Forster (57) le chien nourri avec le résidu d'épuisement de la viande, aliment très pauvre en minéraux, surtout en fer, présente, au bout de quelque temps, de la faiblesse musculaire, des tremblements, de la paralysie des membres, de l'hébétude, de l'indifférence, etc...

En analysant les cadavres des souris, les unes ayant suivi un régime riche en fer, les autres un régime de pain seulement, Kunkel (91) constate que les cadavres des animaux soumis au régime avec fer contenaient beaucoup plus de fer que les autres (0,0580 contre 0,018 9 % Fe_2O_3). En outre, il signale que le fer s'est localisé surtout dans le foie (0,0732 Fe_2O_3 pour 100).

H. Nakamura (117) démontre que la courbe de survie des souris varie parallèlement avec le courbe de réserve en métaux et qu'au moment où les animaux ont la réserve minimum en métaux, ils subissent les plus grands accidents carenciques.

Par des méthodes histo-microchimiques Mc Collum (104) constate que le fer a été résorbé dans l'intestin grêle. Mais pour le moment il est impossible de dire catégoriquement si le fer organique ou inorganique sert à la production d'hémoglobine ou d'autres composés du corps.

Warburg (139 a) 1924 attribue au fer un rôle spécifique dans les oxydations cellulaires. Pour lui « chaque cellule vivante contient du fer et la vie est impossible sans ce métal ».

Henriquès et Mme Roche (76 a) 1927 trouvent dans les muscles de quelques animaux (chien, chat, lapin, grenouille, morue, etc...) 1 à 10 milligrammes de fer pour 100 grammes de matière sèche, avec fer pigmentaire déduit. Les muscles rouges sont plus riches en fer que les muscles blancs. Les animaux à pigment sanguin non ferrugineux (homard, moule) possèdent du fer dans les muscles au même taux que les autres animaux.

Le sérum de diverses espèces animales renferme 1,5 à 2,5 milligrammes non pigmentaire par litre.

L'ensemble des résultats de ces auteurs ne contredit pas l'hypothèse de Warburg sur la participation du fer dans les oxydations cellulaires.

La nature de la combinaison du fer avec les lipides des tissus reste une énigme bien que son rôle physiologique soit très grand. De même qu'on ignore encore la vraie nature de la substance hématogène de Bunge contenant 0,3 % de fer. Quant à la pathogénie exacte de la chlorose nous la connaissons très mal.

B. — LE FER CHEZ LES MOLLUSQUES.

En 1872, Boussingault (23) étudie la teneur en fer du sang et de la chair des limaces et il trouve respectivement pour 100 grammes de matière sèche, 0 gr. 0177 et 0 gr. 0078.

Pour les animaux à sang rouge, la différence est beaucoup plus forte. Dans 100 grammes de sang desséché de bœuf, on trouve 0 gr. 234 de fer contre 0 gr. 021 seulement dans la chair.

Il y a donc dix fois autant de fer dans le sang de bœuf que dans la chair ; tandis que pour la limace il n'y en aurait à peu près que deux fois plus.

La même année Döring (49) dose le fer sous forme de $\text{Fe}^{\circ}\text{O}^3$ dans la coquille de quelques mollusques. Voici ses résultats pour 100 parties de substance :

<i>Helix pomatia</i>	0,0396
<i>Arianta arbustorum</i>	0,0395
<i>Buliminus detritus</i>	0,0672
<i>Anodonta Cygnaea</i>	0,0319
<i>Pisidium</i>	1,1649

Schneider (133), en 1888, fait une étude très intéressante sur le fer dans le muscle, le foie et le manteau de quelques mollusques, mais il ne fait aucune détermination quantitative.

Dans le foie des céphalopodes, Henze trouve que la teneur en fer varie entre 0 gr.632 et 0 gr. 076 pour 100 grammes de matière sèche.

En étudiant la teneur de quelques métaux chez des animaux marins, Phillips (123) trouve 1 milligramme de fer pour 20 grammes de matière sèche :

Fasciolaria gigantea :

Foie	12,1
Foie	20,8

Aplysia :

Un individu entier	7,9
Cinq individus entiers	8,7
Foies de deux individus	12,4

Fulgur perverdus :

Parties molles de quatre individus	11,4
--	------

La présence de ce métal a été signalée par Spek (136) dans l'odonphore de quelques gastéropodes, comme *Helix pomatia*, *Aplysia*, *Patella vulgata*, *Haliotis tuberculata*, *Buccinum undatum*. Mais, chez l'*Arion empiricorum* et *conus acuminatus* elle n'a pu être décelée.

Quelques auteurs ont étudié la teneur en fer des muscles de quelques mollusques.

Voici quelques chiffres d'après Griffiths pour 100 grammes de cendres de muscles :

Mytilus sp.	0,3	Fe ² O ³
Mya sp.	0,4	
Anodonta	0,3	
Octopus vulgaris.....	0,5	
Sepia officinalis	0,5	

Après une étude chimique très étendue de quelques mollusques de la côte du Pacifique, G. Albrecht (1 et 2) nous a donné les résultats suivants. Le fer est calculé en Fe²O³, en milligramme, pour 100 grammes de tissu frais.

	Haliotis	Tivella stultorum	Cryptochiton sterelli	Ischnochiton conspicuis	Patella vulgata
Muscle	1,35	1,56	1,21	1,20	1,72
Foie	3,00	0,96	6,76	4,23	

A propos du muscle relativement pauvre en fer, l'auteur conclut, tout en confirmant les travaux de Bradley et Kellersberger, que les tissus riches en glycogène sont pauvres en diastases et que l'inverse reste aussi vrai.

Le foie de ces mollusques, riche en diastases, donne beaucoup de cendres, dont un tiers est composé d'oxyde de fer.

Henriqués et Mme Roche (1927) trouvent 3 mgr. 66 de fer non pigmentaire pour 100 grammes des muscles secs chez les moules.

II. — Le cuivre en biologie

La présence du cuivre chez les êtres vivants a été étudiée surtout par les toxicologistes.

A. — CHEZ LES VÉGÉTAUX.

L'existence de ce métal dans les plantes a été entrevue par John (88) (1814) et a été étudiée, pour la première fois, par Meissner (111) (1816). D'après certains auteurs, John et Meissner (1820) dosèrent 5 milligrammes de cuivre pour un kilogramme de blé.

En France, Sarzeau (130) (1830-1833), en déterminant la quantité de cuivre dans quelques centaines de plantes, trouve par kilogramme de matière, 8 milligrammes dans le café, et 5 milligrammes dans l'écorce de quinquina. Ses résultats sont confirmés peu après par Bontigny et Chevreul.

En raison de son intérêt toxicologique de nombreuses recherches ont été poursuivies par Cornaille, Grandeau, Deschamps, Langlois (91a) et Galippe surtout en 1882.

D'après John, le cuivre chez les plantes ne peut venir que de la terre, donc celle ci doit en contenir une plus ou moins grande quantité.

Deschamps, Bontigny, Wicke et Dieulafait ont successivement étudié les relations qui peuvent exister entre la teneur en cuivre de la terre et celle des plantes.

En Hongrie, Vedrödi (138) (1893) observe que la terre riche en humus contient 80 à 1.440 milligrammes par kilogramme de matière, tandis que les plantes vivant sur ce même terrain en contiennent quatre fois plus.

Beaucoup d'auteurs ont essayé d'ajouter artificiellement des sels de cuivre dans des terres arables et de doser ce métal dans

les plantes. Contrairement à l'observation de Mestre : Tschirch, Millardet et Gayon, Mach et Portele constatent que les plantes contiennent ainsi beaucoup plus de cuivre que si elles ont poussé sur un terrain ordinaire. Donc, les plantes peuvent emmagasiner une quantité plus grande de métal que celle dont elles ont besoin.

Cherchant à connaître la teneur en cuivre des aliments d'origine végétale, Rossignol (1843) dose de 0,07 à 0 gr.5 de cuivre dans des cendres de chocolat. Puis Duclaux (1871), Galippe (1883) et Lehmann (1893) reprennent cette question. D'après Duclaux, par kilogramme de matière, les amandes de cacao contiennent de 9 à 40 milligrammes de cuivre et les coques de 35 à 250 milligrammes.

Lehmann (1893) publie qu'un kilogramme de blé renferme 5 à 7 milligrammes de cuivre et qu'un kilogramme de pommes de terre n'en renferme que 1 mgr. 75.

En étudiant la répartition du cuivre dans les différentes parties des plantes. Guérithault (75 et 75a) (1910 et 1927) remarque que c'est dans les feuilles que la teneur en cuivre est la plus élevée. D'ailleurs le fer, le manganèse et le zinc sont aussi en plus grande proportion dans les feuilles que dans les autres parties de la plante. Ce fait est confirmé par Fleurent et Lévi.

Après une série de dosages sur plusieurs centaines de plantes Maquenne et Demoussy (100) (1920) concluent que chez les plantes, ce métal accompagne les éléments reconnus indispensables à la nutrition dans tous leurs mouvements de transport.

D'une façon générale, chez les plantes, la teneur en cuivre varie entre 0,5 et 12 mgr. 5 par kilogramme de matière. C'est dans la pomme de terre qu'on trouve le moins de cuivre. Dans le pain, la teneur en cuivre est en moyenne 4 milligrammes par kilogramme.

B. — CHEZ LES VERTÉBRÉS ET L'HOMME.

A propos de la présence du cuivre, normal, dans l'organisme de l'homme et d'autres animaux supérieurs il y eut de nombreuses controverses. Longtemps on ne fut pas d'accord pour savoir si vraiment ce métal faisait partie de la constitution normale des tissus.

En 1832, Sarzeau (130) reconnaît que la présence du cuivre est normale dans le sang et la chair de mouton et de bœuf. Il trouve 3 milligrammes de cuivre dans 4.286 grammes de sang de bœuf. Pour vérifier les résultats de Sarzeau, une commission de l'Académie est nommée et trouve également par kilogramme de matière un milligramme de cuivre dans la plupart des viandes.

Puis successivement Devergie, Hervy, Orfila (1840) confirment que le cuivre est normal dans un tissu animal. Bientôt Flandin et Danger vinrent contester les résultats antérieurs.

Entre beaucoup d'auteurs comme Oidtmann, Wicke, Ulex, Blasius dit que le cuivre se trouve normalement en petites quantités dans les tissus des animaux supérieurs, mais que son rôle physiologique reste incertain.

Cette question a été reprise par Bergeron et L'Hôte, Raoult et Breton, Bergeron et Mayençon, Feltz et Ritter, H. Fleck.

La présence du cuivre dans le cadavre est signalée par Barré (1843), Barse, Lavaux et Follin (1844) Langlois, (1847) (91a) et L. van Itallie et J. S. van Eck (1913).

Après une série de recherches sur la répartition du cuivre dans les différents tissus de l'homme et des animaux supérieurs, Lehmann (94) (1895) constate que les organes d'élimination comme l'ongle, le foie, le rein sont les plus riches en cuivre.

On a trouvé par kilogramme de matière fraîche :

	Homme	Bœuf	Chien
	—	—	—
Rein	4 à 2 mgr.	4 à 7 mgr.	5,4 mgr.
Foie	2,5 à 5 —	22 à 48 —	10 à 11 —
Rate	2 à 5 —	3 —	

Aston (1911) (3a) trouve une quantité considérable de cuivre dans le foie des animaux malades (bœuf, mouton).

Dernièrement Mc Hargue (109) (1925) confirma la plus grande richesse en cuivre du foie de bœuf. Pour 100 grammes de tissu sec, il trouve 7 mgr. 2 de cuivre dans le foie d'un bœuf adulte et 34 mgr. 5 dans celui d'un veau âgé d'une semaine. Ce fait montre nettement que le cuivre joue un rôle physiologique important chez le veau ; car pendant la période d'allaitement, le veau ne reçoit que des traces de ce métal par le lait de la vache. Contrairement à ce qu'on trouve dans le fœtus bovin,

Bergeron et L'Hôte n'ont décelé que des traces de cuivre dans le foie de 6 fœtus humains. Mais le foie du fœtus humain emmagasine le fer (147 mgr. 6 % Fe d'après Zaleski) au lieu du cuivre pendant la période intra-utérine.

En étudiant la répartition du cuivre normal dans les divers organes humains, Guérithault (75a) (1927) trouve que le foie est particulièrement riche et que la teneur en cuivre augmente avec l'âge (foie d'un fœtus de 5 mois 2 mgr., et foie d'une femme de 70 ans, 4 mgr. 6 de cuivre pour un kilogramme de tissu frais).

C. — CHEZ LES ANIMAUX INFÉRIEURS.

Le cuivre est très répandu chez beaucoup d'animaux inférieurs appartenant aux familles des Crustacées, des Gastropodes et des Céphalopodes. Chez les animaux, le pigment respiratoire est à base de cuivre au lieu de fer comme chez les vertébrés.

D'après Quinton, Willing dose dans 100 parties des cendres de l'hémolymphe de l'écrevisse 2,49 d'oxyde de cuivre.

En 1869, Church (32) isole des plumes de Turaco, un pigment bleu amorphe contenant 7,1 % de cuivre et lui a donné le nom de Turacine. Ce pigment présente un grand intérêt physiologique.

Dongal a dosé le cuivre dans certains homards.

Chez certains invertébrés Giunti (63 et 64) trouve pour 100 gr. de matière fraîche :

Anomala vitis	3,04 mgr.
Armidillium vulgare.....	27,2 —
Blatta orientalis	34,4 —

Dans 350 *Helix pisana*, l'auteur dose 156 milligrammes de cuivre.

Dernièrement, Mittkowski (115) et Zelinsky (144) ont signalé la présence du cuivre dans certains insectes comme les abeilles.

Bartolamea Bizio (19) (1833) montre la teneur élevée en cuivre de beaucoup d'escargots et de moules, surtout dans leurs organes respiratoires. Il trouve 42 % de CuO dans les cendres de *Murex Brandaris* et de 0,01 % dans le muscle.

Au point de vue pratique, la teneur en cuivre a été étudiée surtout chez les huîtres, les moules, l'escargot, le homard et le crabe.

Dans 25 huîtres ramassées à Falmouth, Cuzent (37), en 1863, trouve 216 milligrammes de cuivre.

La même année Ferrand (54) dose 9 milligrammes de cuivre dans une huître de 4 gr. 5 (2 grammes de cuivre par kilogramme de matière).

Par l'électrolyse, Balland (4) trouve 5 milligrammes de cuivre dans 2 huîtres.

Dans une douzaine d'huîtres algériennes, Jaillard (86) dose 62 milligrammes de cuivre.

Dans un kilogramme d'huîtres, Lehmann (94) trouve 60 milligrammes de cuivre et dans un autre kilogramme, 16 milligrammes seulement.

Lowe (1897) (95 a) trouve dans certaines huîtres de Swansea jusqu'à 40 milligrammes par l'individu.

En 1899, Dubois (51) fait une étude très complète sur la teneur en cuivre des animaux inférieurs. Il trouve pour 100 grammes de matière fraîche, 9 mgr. 63 dans l'*Ostrea edulis* et 13 mgr. 79 dans l'huître Marenne (variété verte).

En analysant 34 espèces d'huîtres recueillies dans différents endroits de la côte Est des Etats-Unis, Willard (141) (1908) remarque que la teneur en cuivre pour 1.000 grammes de matière varie entre 50 et 1.700 milligrammes.

D'après Hiltner et Wichmann (82), la teneur en cuivre, chez les huîtres varie entre 20 et 539 milligrammes par kilogramme de matière fraîche et égouttée. Ils croient que les huîtres retiennent un excès de cuivre en dehors de leurs besoins physiologiques.

Rose et Bodansky (128) (1920) étudient la répartition du cuivre dans les différents organes des huîtres et ils trouvent que le manteau et la glande digestive en contiennent respectivement 3, 57 % et 3, 74 %.

Chez les huîtres White (1921) (140 a) trouve 43 mgr. 8 de cuivre dans les tissus et 96 mgr. 4 dans la coquille par kilogramme de matière fraîche.

D'après Savery (132) (1923) chez les huîtres ramassées en Californie, la teneur en cuivre varie entre 4 et 12 mgr. 5 par

kilogramme. On peut constater que cette proportion en cuivre est de beaucoup inférieure à celle des huîtres ramassées sur la côte Est des Etats-Unis.

Herdmann et Boyce (80), Nelson (118), et beaucoup d'autres auteurs, ont signalé l'abondance du cuivre chez les huîtres.

Voici enfin quelques résultats obtenus par différents auteurs sur quelques mollusques :

1° Dans le foie de quelques céphalopodes (Henze, 1904) (77 a) :

	% de matière sèche	
Octopus vulgaris.....	0,762	mgr.
Eledone	0,19	—
Sepia officinalis	0,32	—

2° Chez les gastéropodes :

	% de matière sèche	
Helix pomatia	6,11	Dubois
— —	2,10	Lehmann
Helix nemoralis	0,40	—
Haliotis striata	4,00	Dubois
Haliotis crackerodia	0,08	Savery
Cryptochiton stelleri	0,24	—
Sycotypus canaliculatus	1,23	Bradley
Fascicularia gigantea (foie)	217,00	Phillips
(foie)	372,00	—
Fulgur pervedus	3,50	—
Aplysie (individu entier)	1,50	—
— (foie)	11,08	—

3° Dans les différentes parties des cryptochitons (d'après Savery) :

	% de matière fraîche	
Partie interne de la coquille	00	mgr.
Organe digestif	0,05	—
Muscle	0,10	—
Manteaux.....	0,40	—
Sang	0,50	—

4° Chez quelques Lamellibranches :

Mytilus edulis	3,24	mgr.	Dubois
Mytilus californica	0,17	—	Savery
Encis américainus	00	—	—
Venus kenneicottii	00	—	—

5° Dans les différents organes des huîtres (Rose et Bodansky):

	% de matière fraîche
Manteau	3,57 mgr.
Glande digestive	3,44 —
Muscle adducteur	1,82 —
Résidus (avec les branchies)	4,02 —
Total.....	3,47 —

III. — Le manganèse en biologie.

De tous les éléments oligosynergiques, le manganèse est à la fois le plus anciennement et le plus parfaitement connu. Son histoire est intimement liée à la découverte de la laccase.

Découverte de la laccase.

En 1883, un chimiste japonais Hikorokuro Yoshida, en étudiant la laque japonaise provenant du latex du *Rhus vermicifera*, constate que la laque étalée en couche mince et abandonnée à l'air, se transforme en un vernis noir, très résistant. L'auteur conclut que ce noircissement de la laque est dû à l'intervention d'un ferment soluble.

Cette observation était passée presque inaperçue quand, en 1893, G. Bertrand (6), en traitant par l'alcool fort le latex du *Rhus succédana* du Tonkin, isole le laccol et un ferment soluble qu'il appelle « laccase ». La laccase ainsi isolée, se révéla douée de propriétés oxydasiques énergiques. La nature oxytasique a été nettement démontrée avec des corps à fonction phénolique.

Dans la suite G. Bertrand reconnaît que les oxydases dont la laccase est le type, sont très répandues et il peut les caractériser dans un grand nombre de végétaux différents.

En analysant les cendres de la laccase, ce savant est frappé par la proportion relativement élevée de manganèse. Il constate ensuite que le pouvoir oxydant de la laccase est en rapport avec sa teneur en manganèse, puis il démontre que son activité est due exclusivement à ce métal. La preuve en est donnée

par ce fait que la teneur en manganèse est infime dans les cendres de la luzerne (*Medicago Saliva*) et que l'activité du ferment est très faible. L'auteur a l'ingénieuse idée d'ajouter du manganèse à ce ferment et il constate que son activité est augmentée.

C'est l'ensemble de ces faits qui conduit G. Bertrand à édifier sa théorie des catalyseurs biochimiques.

En remarquant que les actions diastasiques sont le résultat de la combinaison d'une fonction chimique (métal) et d'une substance organique complexe (ferment) G. Bertrand crée les expressions : « Complémentaire actif », « co-ferment », « co-diastase » et de « complémentaire activante ».

Chez les végétaux.

Nous allons maintenant faire l'historique de ce métal dans le règne végétal, puis dans le sang et les tissus des animaux et enfin chez les mollusques.

A. — MANGANÈSE DES VÉGÉTAUX.

Chez les végétaux la découverte du manganèse est due à Scheele en 1785. Il l'a trouvé d'abord dans la magnésie noire, puis dans les cendres de cumin sauvage et de bois.

Puis la présence de ce métal a été signalée successivement dans les cendres de la rave commune, de la betterave de la carotte (*Herapathe*), dans les cendres de canne à sucre (*Richardson*), dans celles de l'avoine (*Salm Horsmor*), dans le thé et dans le café (*Liebig*).

En 1872, après *Berthier*, *Leclerc* (93) préconise le dosage du manganèse dans le sol et les cendres des végétaux par la transformation de ce métal en permanganate au moyen du minium. Depuis, la liste des résultats sur la teneur de ce métal chez les végétaux s'est beaucoup étendue surtout après les travaux de *J. v. Schröder* (1898), *Maumené* (102) (1884), *Pichard* (1898), *Gössel* (1905), *Jadin et Astruc* (1912), *G. Bertrand et Mme Rosenblatt* (1921-1922).

Pichard (120) remarque que le manganèse paraît se concen-

trer dans les parties de la plante en activité végétative comme les feuilles et les jeunes pousses. Mais ce sont surtout les graines des plantes phanerogames qui en sont très chargées (froment, orge, avoine, maïs, etc.).

Après 80 dosages sur des plantes appartenant à des familles botaniques différentes, Jadin et Astruc (83) conclurent que la présence du manganèse est constante dans le règne végétal et supposent que la teneur en manganèse des aliments d'origine végétale peut expliquer, au moins en partie, l'origine de ce métal dans l'organisme animal.

Dans un autre travail ces auteurs remarquent que les organes chlorophylliens paraissent être plus riches en manganèse que les parties souterraines.

L'observation de ces auteurs est confirmée par G. Bertrand et Mme Rosenblatt (11 et 12) (1921-1922). En étudiant la répartition du manganèse dans l'organisme des plantes supérieures, ces auteurs concluent que c'est dans les organes où les transformations chimiques sont les plus intenses que se trouvent les plus fortes proportions de métal. Ils remarquent en outre, que les organes reproducteurs où les phénomènes d'échanges sont très intenses, se placent à côté des feuilles, des jeunes pousses ou d'une manière générale, des organes chlorophylliens.

Après une longue étude sur les variations de la teneur en manganèse des feuilles avec l'âge, G. Bertrand et Mme Rosenblatt (13) (1922) concluent que la teneur en manganèse présente un maximum dans la première période du développement de la feuille parfois dans l'apparition de celle-ci, quelquefois peu de temps après. La teneur en métal subit dans la suite un fléchissement plus ou moins accentué et plus ou moins prolongé; enfin on assiste à un relèvement final, tantôt faible, tantôt assez marqué. Cet excès de métal est devenu inutile et peut-être même nuisible.

Javillier et Imas (87 a) (1924) trouvent que la presque totalité du zinc et du manganèse est localisée dans le germe du grain de blé. Le cuivre [Guérithault (75 a) (1927)] et le fer sont également en forte proportion dans la plantule.

B. — MANGANÈSE NORMAL DU SANG.

En raison de son importance physiologique et médicale, le manganèse normal du sang a donné lieu à de nombreuses recherches.

A partir du sang humain Würzer (1830) trouve 0 gr. 034 de sesquioxyde de manganèse.

D'après Riche, Marchessaux (1844) signale aussi la présence de ce métal dans le sang.

Millon annonce (1848) que le sang humain contient constamment de la silice, du manganèse, du plomb et du cuivre.

La même année Melsen, n'ayant pas réussi à déceler dans le sang humain ni plomb, ni cuivre, doute de l'existence du manganèse.

Un an après Hannon de Bruxelles (76) annonce que certains chlorotiques seraient liés à un défaut de fer et de manganèse. D'autres auteurs les attribuent au manque de l'un de ces deux métaux. En prenant toutes les précautions utiles, l'auteur trouve du manganèse dans le sang. Les idées émises par Hannon sur les états chlorotiques sont adoptées peu après en France par Pétrequin. Et sur la demande de celui-ci, Burin de Buisson (1852) confirme la présence du manganèse normal dans le sang.

La question semblait être résolue.

En opérant sur 336 grammes de sang extrait de la veine d'un ouvrier des mines de manganèse de Romanèche, Glenard (65) (1854) ne peut déceler trace de ce métal, d'où il conclut que le manganèse n'est pas un élément essentiel du sang humain.

L'année suivante, Bonnewyn reprend la question et obtient un résultat négatif.

Ce n'est qu'en 1870 que Pollaci signale de nouveau la présence du manganèse dans le sang humain.

Riche (127) publie, en 1878, un mémoire très détaillé sur le manganèse du sang et conclut qu'il est un intrus dont le sang peut tolérer des traces mais les rejette sans cesse, parce que le métal deviendrait nuisible s'il parvenait à s'y accumuler ou seulement à s'y maintenir.

Après avoir vérifié minutieusement la pureté des réactifs

employés, G. Bertrand et Medigreecanu (8) (1912) trouvent du manganèse dans le sang de l'homme et des animaux supérieurs. Par litre de sang de mouton on trouve 0,05 à 0,06 milligramme dans le plasma et de 0,02 à 0,025 milligramme dans les globules.

On n'a pu trouver de manganèse dans 1 gramme d'hémoglobine de sang de cheval. Le manganèse n'entre peut-être pas dans la constitution de la matière colorante.

Tout récemment Reiman et Minot (1920) ont trouvé de 0 mgr. 005 à 0 gr. 025 de manganèse pour 100 grammes de sang humain.

C. — MANGANÈSE DES ANIMAUX.

Dans le règne animal la présence de ce métal a été décelée dans les chevaux par Vauquelin (1806), puis par Maumené (1884) et ensuite par Pichard (1900).

Dans les os, Foucroy et Vauquelin (1808), Berzelius (1833), de Bibra ont trouvé du manganèse.

En 1880, Oidtmann a dosé par kilogramme de matière 11 milligrammes de Mn^2O^3 dans le foie humain, 6 milligrammes dans la rate d'homme et 3 milligrammes seulement dans la rate de femme.

Pichard (121) (1882) trouve ce métal dans les os, les œufs, la viande de bœuf, le sang du porc, etc.

Dans un travail relatif à la composition et à la valeur alimentaire des animaux, Ballard trouve des traces de manganèse dans les poumons de l'âne, du cheval, du bœuf, du veau, etc., sans rien dire au sujet du cœur, du foie ou des reins.

Sans avoir fait aucune détermination quantitative, Pollaci présume que le lait est plus riche en manganèse que le sang. Cette observation est contestée par Riche qui ne trouve que quelques centièmes de milligramme de ce métal dans un litre de lait. D'autre part, Maumené considère ces traces de manganèse dans le lait comme accidentelles.

Pichard signale que la presque totalité de manganèse se localise dans le jaune d'œuf, tandis que le blanc n'en contient que des traces.

G. Bertrand et Médigreecanu (3) (1912), après avoir effectué 150 déterminations quantitatives sur 15 espèces de vertébrés, disent que ce métal existe dans les tissus des animaux supérieurs.

La teneur en manganèse varie de quelques centièmes à un dixième de milligramme pour 100 grammes de substance fraîche.

Pour un même organe appartenant à une même espèce, les variations de la teneur en manganèse ne sont pas considérables quand on passe d'un individu à un autre.

Parmi les organes ou tissus dont l'importance fonctionnelle est grande, les auteurs ont trouvé que la teneur en manganèse est la plus grande, par exemple, dans l'utérus d'oiseaux (de 0 mgr. 265 à 2 mgr. 201 %), dans le foie (de 0,265 à 0,416 mgr. %), dans les reins (de 0,063 à 0,238 %).

Chez les oiseaux, les divers organes sont cinq ou dix fois plus riches en manganèse que chez les mammifères. D'ailleurs, d'une façon générale, chez les vertébrés, ce sont les mammifères qui sont les moins riches en manganèse. Parmi les divers organes, le muscle, le tissu nerveux et les poumons sont très pauvres. On n'y trouve que quelques centièmes à quelques dixièmes de milligrammes pour 100 grammes de matière fraîche.

Reiman et Minot étudient la répartition de ce métal dans les divers organes humains et trouvent que le foie est le plus riche en manganèse (0,170 % de matière fraîche).

Il y a une grande différence quantitative entre les deux règnes d'êtres vivants au point de vue de la teneur en manganèse. La pauvreté excessive des espèces animales comparée à celles des espèces végétales devrait retenir notre attention dans l'interprétation des résultats.

D. — LE MANGANÈSE DES MOLLUSQUES

En 1872, Döring (49) dose le manganèse dans la coquille de quelques mollusques. Pour 100 grammes de substance il trouve :

<i>Helix pomatia</i>	0 gr. 0009	Mn ² O ³
<i>Balinus detritus</i>	0 gr. 0062	—
<i>Cepea nemoralis</i>	0 gr. 0011	—

Voulant vérifier la présence du fer dans les concrétions rénales de *Pinna squamosa* signalée par Schlossberg (131), Krukenberg (1878) trouve beaucoup de manganèse dans les concrétions du corps de *Bojanus* de *Pinna nobilis*.

En étudiant la teneur en manganèse des êtres vivants. Pichard

(1898) signale la présence de ce métal chez les escargots et dans la coquille des moules.

En appliquant la méthode volumétrique, Bradley (26) (1907) effectue une série de dosages sur les œufs et les tissus des *Unio* et des *Anodonta*. Les œufs contiennent de 0 mgr. 833 à 0 mgr. 818 pour 100 grammes de matière fraîche. Le jeûne n'influe pas beaucoup sur la teneur en métal et le tissu en contient en moyenne un milligramme pour 100 gramme de tissu frais.

L'auteur affirme que ce métal est transmis d'une génération à l'autre et n'est point accidentel.

Peu de temps après, un deuxième travail du même auteur porte sur quelques centaines d'unios et d'anodonta ramassés dans la région de Madison. La présence de ce métal a été décelée chez tous les individus examinés.

Ceux qui ont été recueillis dans la « Wisconsin River » contiennent en moyenne 0 mgr. 43 %, tandis que ceux de Madison en ont 0 mgr. 95 %.

Voici la répartition du manganèse dans les différents organes de l'*Unio* pour 100 grammes de matière fraîche (27).

Organes	Cendres	Mn dans les cendres	Mn dans les tissus	N dans les tissus
—	—	—	—	—
Muscle	6	4,87	0,293	11,48
Œufs	37,	2,04	0,749	10,37
Estomac, partie fibreuse.....	14,5	5,73	0,831	
— — non fibreuse .	32,0	4,66	1,492	6,1
Reins	27	5,31	1,432	7,58
Branchies	33,5	4,89	1,638	6,32
Manteau	48	5,12	2,457	5,45
Foie	39	5,85	2,107	5,56

Il est à remarquer que la teneur en azote est inversement proportionnelle au poids de cendres des différents organes ; tandis que la teneur en cendres augmente avec celle en manganèse.

Etant données l'abondance de ce métal et sa présence constante dans tous les tissus du corps, l'auteur pense qu'il joue un rôle important dans le métabolisme général des unios et peut-être même dans la fonction respiratoire.

Voici un fait intéressant à signaler : dans la région de Tema-

genium, les unios sont petites et pauvres en manganèse, tandis que celles du Mississipi sont, au contraire, grandes et riches en manganèse:

(29) Bütschli (1908) dose dans les manteaux d'*Anodonta Cygnaca* 2 mgr.47 de Mn et 35 mgr.69 de Fe pour 100 grammes de matière fraîche.

En étudiant la présence du manganèse dans la série animale, G. Bertrand et F. Medigreceanu (9) (1913) montrent que les mollusques contiennent une proportion notable de ce métal.

Phillips (123) (1917) étudie la teneur en métaux de quelques mollusques marins (*Fasciolaria*, *Aplysie*, *Fulgur*) et du foie de *Fasciolaria gigantea*. Il trouve 1 milligramme de manganèse dans 100 grammes de matière sèche.

La même année Boycott (24) publie les résultats d'une série d'analyse de 56 espèces de mollusques britanniques.

Chez la limace (*Limax arborum*) la teneur en manganèse varie entre 0, 05 et 27 % de tissu sec. La plus grande partie de ce métal se localise dans le foie et dans la peau.

L'auteur a remarqué que certaines espèces de mollusques ont tendance à accumuler le manganèse provenant soit des détritiques environnants, soit de leurs aliments.

IV. — Le zinc en biologie.

A. — CHEZ LES VÉGÉTAUX.

Chez les végétaux, les premières recherches sur la présence du zinc ont porté sur les plantes qui croissent dans des terrains riches en minerais de zinc notamment en calamine et en blende.

Baun et Bellingrodet (1854) caractérisent, les premiers, le zinc dans les diverses plantes calaminaires qu'ils recueillent dans la région de la vieille montagne de la frontière germano-belge.

Cette constatation a été confirmée par beaucoup d'auteurs comme Risse, Durant-Clay, Krausch, Yensch, Laband.

Des déterminations quantitatives ont été faites par M. Javillier (87) d'après la méthode du zincate de calcium et l'auteur trouve que chez les plantes calaminaires la teneur en zinc varie

entre 0 gr. 0459 et 0 gr. 7443 pour 100 grammes de matière sèche. Sur 44 espèces de plantes analysées, l'auteur signale que les conifères sont tous plus riches en zinc que les angiospermes.

Chez les plantes marines, notamment chez le *Fucus vesiculosus* et *Zostera maritima* Forchaumer (36) (1865) caractérise le zinc. Cependant la présence n'a pu être décelée dans l'eau de mer.

Lechartier, Bellamy, Demarçay (42) ont signalé la présence de ce métal dans les grains de blé, de maïs, d'orge, dans le bois de vigne, de chêne, etc...

En appliquant la méthode diaphanométrie Birkner (18) dose le zinc dans quelques aliments d'origine végétale (blé, seigle, orge, avoine, carotte, riz, maïs, son de blé, petit pois, soja). L'auteur trouve que la teneur en zinc est très élevée dans le levain de boulangerie, évaluant à 414 mgr. 86 le zinc par kilogramme de matière fraîche.

B. — CHEZ LES ANIMAUX.

Dans le règne animal, le zinc a été considéré comme toxique et sa présence dans les tissus a toujours été signalée comme accidentelle.

Dans le foie de l'homme, Raoult et Breton (1874) dosent 76 milligrammes de zinc par kilogramme de matière fraîche.

Peu après Lechartier et Bellamy (92) dosent ce métal dans le foie d'un homme, les œufs des poules, les muscles du bœuf et concluent qu'on ne pourraient penser à un empoisonnement en présence de très petites quantités de zinc dans les tissus humains.

Le zinc a été trouvé par Rost et Weitzel (129), d'une façon très constante dans l'urine (1 mgr. 6 par jour) et dans les fèces (2 mgr. 6 à 12 mgr. 8 par jour) de l'homme, dans divers organes prélevés sur des cadavres et dans plusieurs aliments. Malgré cela les auteurs disent que ce métal est dépourvu de tout rôle physiologique dans l'organisme.

En 1919 Chigliatto (31) trouve en quantité variable mais d'une façon constante, le zinc dans les viscères de plusieurs animaux, dans un fœtus humain de 7 mois et dans un fœtus bovin.

La même année Birkner dose le zinc dans le lait de femme (au

maximum 13 mgr. 78 par kilogramme) et dans celui de vache (4 mgr.2 par kilogr.). Il trouve un milligramme de zinc dans un œuf pesant 63 grammes.

En découvrant le zinc dans les venins de serpents, Delezienne (41) fut amené à rechercher ce métal dans les tissus de différents animaux. Il trouve que la teneur en zinc dans le sang des mammifères (homme, lapin, etc.) des oiseaux et des reptiles, varie entre 15 et 28 milligrammes par litre. Le sang des batraciens et des poissons en contient moins.

Les globules du sang contiennent dix fois plus de zinc que le plasma et la presque totalité du métal est localisée dans les globules blancs (80 % de la totalité de zinsanguin).

Les centres nerveux, le thymus, le pancréas, le foie, le rein seraient les plus riches en zinc et dans certains tissus de mammifères la teneur pourrait atteindre 100 milligrammes par kilogramme de matière fraîche. En présence de ces faits, l'auteur conclut que le zinc est bien un constituant normal de toute cellule animale.

Au point de vue toxicologique, Giaya étudie la répartition du zinc dans les différents organes humains et trouve que le cerveau et les poumons sont les plus riches.

G. Bertrand et Vladesco (15 et 17) reprirent l'étude de la répartition du zinc dans les divers organes chez 34 animaux différents. Ils trouvent que la teneur varie entre 3 milligrammes et 36 milligrammes pour 100 grammes de matière fraîche. Ils signalent en même temps une forte proportion de zinc chez les mollusques.

En étudiant la laitance de hareng, ces mêmes auteurs ont été amenés à cette conclusion que le zinc joue un rôle important dans les phénomènes de reproduction et dans le mécanisme des sécrétions internes.

D'après les résultats de quelques analyses sur la répartition de ce métal chez deux poissons marins. Bodansky (21) émet l'hypothèse que chez certains invertébrés le zinc comme le cuivre fonctionnent probablement comme constituants essentiels des protéides respiratoires.

Ce même auteur, en analysant le zinc dans quatre cerveaux humains, et un cerveau de fœtus, montre que l'accumulation du

zinc et du cuivre est plus rapide pendant la vie utérine qu'après la naissance.

Ce fait a été confirmé par Mc Hargue qui trouve que le foie d'un veau âgé d'une semaine contient une forte proportion de zinc et d'autres métaux.

Lutz (97) (1926) étudie la répartition du zinc normal chez le rat, le chat et l'homme.

C. — LE ZINC CHEZ LES MOLLUSQUES.

La première observation relative à la présence de zinc chez les mollusques date de 1903. Bradley (25) trouve 11 à 12 % de ZnO dans la masse hépato-pancréatique de *Sycotypus canaliculatus* et de *Fulgur carica*. Ce sont des gastropodes carnivores marins.

En 1917, Phillips (123) analyse certains organismes marins récoltés dans les îles de Tortugas et trouve que le foie de *Fasciolaria gigantea*, gastropode marin, contient jusqu'à 12 mgr. 3 de zinc pour 20 grammes de matière sèche.

En effectuant 153 dosages d'arsenic, de cuivre et de zinc sur des huîtres pêchées à différents endroits de la côte d'Atlantique, Hiltner et Wichmann (82) ne constatent aucune relation entre ces trois éléments. La teneur en zinc varie entre 1137 et 2298 milligrammes par kilogramme de matière fraîche.

Dans les algues draguées en même temps que les huîtres, Feldstein trouve 108 milligrammes de zinc par kilogramme de matière fraîche.

Delezenne (41) constate que dans les organes des Mollusques et des Crustacées la teneur en zinc est généralement beaucoup plus élevée que dans les mêmes organes des vertébrés. La masse hépato-pancréatique peut renfermer une proportion de zinc plusieurs fois supérieure au maximum enregistré chez les vertébrés soit dans le foie, soit dans le pancréas. Le taux en zinc dans le muscle est plus élevé également que chez les vertébrés. Pour un kilogramme de matière sèche on a :

Masse hépato-pancréatique. Escargot (<i>Helix pom.</i>)	0,36
— — — — — Ricarde (<i>Pecten Jac.</i>)	0,439
Muscle Ricarde (<i>Pecten Jac.</i>).....	0,127
Animal entier. Moules (<i>Mytilus edu.</i>)	0,106

Bodansky (20) en dosant le zinc dans 20 espèces d'animaux marins constate que sa présence est générale et que chez les huîtres la répartition de ce métal dans les divers organes (glande digestive 27,75 % ; manteau : 26,70 %) varie peu, mais que le muscle (16 %) en contient toujours moins que les autres tissus.

En moyenne les huîtres contiennent, d'après lui, de 77 milligrammes à 188,5 milligrammes pour 1.000 grammes de matière fraîche.

G. Bertrand et Vladesco (17) dosèrent le zinc dans 12 espèces de mollusques dont la plupart appartiennent aux Lamellibranches (*Venus verrucosa*, *Tapes decusatus*, *cardium edule*, *Pecten Jacobæus*, etc.). Parmi les animaux étudiés le plus riche en zinc est la *Gryphea angulata* (huître portugaise) dont la teneur en zinc varie entre 35 mgr. 2 et 131 mgr. 1 pour 100 grammes de matière fraîche, correspondant à 2,7 grammes de zinc par kilogramme de tissu sec.

La teneur est très variable chez la même espèce et aussi dans les organes différents. En général, elle oscille entre 1 à 10 milligrammes pour 100 de matière fraîche.

La bosse de Polichinelle (organe de reproduction) de *Pecten Jacobæus* en contient jusqu'à 40 % de matière fraîche.

Il a été montré chez les vertébrés que le zinc, à cause de sa grande mobilité, joue un rôle physiologique important dans les phénomènes de reproduction. Aussi est-il permis de penser, en présence de la teneur élevée de ce métal dans la bosse de Polichinelle, que ce métal joue un rôle analogue chez les Mollusques.

Dernièrement Severy (32) étudia le cuivre et le zinc chez 16 espèces d'animaux marins dont 7 Mollusques pêchés sur la côte californienne. Tous contiennent du zinc.

Chez les huîtres, la teneur varie entre 28 et 80 milligrammes par kilogramme. Des huîtres pêchées sur la côte de l'Océan atlantique en contiennent de 113,7 à 2.298 milligrammes par kilogramme de tissu.

En moyenne, chez les animaux étudiés la teneur en zinc est de 4 mgr. 25 par kilogramme de matière fraîche (celle en cuivre est de 0 mgr. 497 0/00).

CHAPITRE III

I. — Technique employée pour nos recherches personnelles.

Nous avons suivi de près la méthode mise au point par G. Bertrand (8a) pour séparer les différents métaux.

Les prises d'essai vont de quelques grammes à une dizaine de grammes suivant la quantité de matériel disponible.

On dessèche la substance à analyser dans une étuve à 105 degrés et la destruction se fait au moyen du mélange sulfo-nitrique (9 parties de NO^3H et 1 partie de SO^4H^2).

On verse dans la capsule la quantité suffisante de mélange sulfo-nitrique pour mouiller toute la substance puis on la porte au bain-marie jusqu'à ce que le ramollissement soit complet. On chauffe doucement à feu nu et la substance se carbonise. On transporte la capsule au four à moufle qu'on ne porte pas au rouge.

Les cendres seront reprises par quelques gouttes d' HCl pur et puis par quelques gouttes d'une solution de SO^4H^2 au dixième. On évapore le tout au bain-marie à sec. On remet la capsule au four à moufle puis on pèse les cendres après refroidissement.

On redissout les cendres avec quelques gouttes d' HCl pur, puis on y ajoute un peu d'eau distillée et quelques gouttes d'eau oxygénée pour peroxyder le manganèse. On y verse un ou deux centimètres cubes d'ammoniaque pur pour précipiter le fer et le manganèse. On laisse le tout pendant vingt-quatre heures environ puis on filtre.

On redissout le précipité sur le filtre avec HCl au dixième et on recueille la solution acide. Le filtre est lavé, desséché puis calciné et les cendres sont dissoutes avec un peu d' HCl concentré. On réunit le liquide à la solution principale.

On prélève un dixième de cette solution acide pour doser le fer et le reste sert au dosage du manganèse.

On précipite alors le cuivre par H^2S en veillant à ce qu'il y ait assez d' HCl libre (environ N/20) pour que tout le zinc reste

dissous. Après filtration et lavage, le cuivre est évalué par la méthode colorimétrique.

Le liquide acide, séparé du SCu est évaporé à sec. Le résidu est repris par l'eau chaude et filtré dans une petite fiole conique. La capsule et le filtre sont lavés avec soin. La solution est alcalinisée très légèrement par l'ammoniaque, puis acidulée franchement par l'acide citrique (40 à 50 gouttes par exemple de solution d'acide citrique au dixième). La liqueur est alors saturée d' H^3S . Il se dépose un précipité blanc de sulfure de zinc. On laisse reposer vingt-quatre heures avant de filtrer.

Dosage du fer. — On dose le fer colorimétriquement à l'état de bleu de Prusse. Avant de le doser il est indispensable de le séparer d'autres métaux. Pour cela on applique la méthode de séparation préconisée par Maquenne (98). Le principe de cette méthode consiste à précipiter tous les métaux comme phosphates par l'addition de phosphate de sodium et d'un léger excès d'ammoniaque ; puis par l'addition d'acide acétique on redissout le tout à l'exception du phosphate de fer. Celui-ci est recueilli par centrifugation et redissout dans l'acide chlorhydrique

Dosage du manganèse. — Le manganèse est dosé par la méthode colorimétrique. Cette méthode consiste à transformer tout le manganèse sous forme de permanganate, en milieu nitrique, au moyen de persulfate de potassium et d'un peu de nitrate d'argent comme catalyseur de la réaction (7).

Dosage du cuivre. — Colorimétrie à l'aide de l'ammoniaque.

Dosage du zinc. — Le sulfure de zinc est transformé en sulfate de zinc anhydre, puis pesé.

II. — Etude du fer, du cuivre et du manganèse chez les mollusques.

A. — Teneur en fer, en manganèse et en cuivre chez les Céphalopodes (tableaux).

B. — Teneur en fer, en manganèse et en cuivre chez les Gastéropodes (tableaux).

C. — Teneur en fer, en manganèse et en cuivre chez les Lamellibranches (tableaux).

**A. — Teneur en fer, en manganèse et en cuivre
chez quelques Céphalopodes**

CLASSIFICATION DES CÉPHALOPODES

a) DIBRANCHES

I. — OCTOPODES (8 pieds ou bras).

Ventouses sur un seul rang : ELÉDONIDÉS.

Ventouses sur 2 ou 3 rangs : OCTOPODIDÉS (*Octopus vulgaris* Lam.).
 TRÉMOCTOPODIDÉS.
 ARGONAUTIDÉS.

II. — DÉCAPODES (10 pieds ou bras).

OIGOPSIDÉS : CHIROTENITHIDÉS.
 OMMATOSTREPHIDÉS.

MYOPSIDÉS : SÉPIOLIDÉS.
 LOLIGINIDÉS (*Loligo vulgaris* Lam.).
 SÉPIIDÉS (*Sepia officinalis* Lin.).
 SPIRULIDÉS.

b) TÉTRABRANCHES

Ne renfermant que des genres fossiles et une espèce exotique,
le NAUTILE.

POULPE ♂

Octopus vulgaris Lam.1^{re} SÉRIE. — Individu : 855 gr.

	Prises d'essai en grammes à l'état de :			Teneur pour 100 grammes de :		
	Matière fraîche	Matière sèche	Cendres	Matière fraîche	Matière sèche	Cendres
N ^o 1. Foie	10,957	3,506	0,264	6,84 0,22 43,68	21,39 0,71 42,78	284,09 9,46 568,48
				en milligrammes		
	Fe					
	Mn					
	Cu					
N ^o 2. Organes génitaux	15,228	3,262	0,472	0,65 0,05 0,43	3,06 0,45 0,61	24,18 3,17 4,23
	Fe					
	Mn					
	Cu					
N ^o 3. Glandes salivaires	2,558	0,676	0,076	5,86 0,23 0,39	22,48 0,78 4,47	197,36 7,89 43,45
	Fe					
	Mn					
	Cu					
N ^o 4. Reins	4,363	0,870	0,463	2,29 0,44 4,37	14,49 0,57 6,89	64,34 3,05 36,80
	Fe					
	Mn					
	Cu					
N ^o 5. Branchies	8,946	4,634	0,348	4,67 0,46 0,67	8,17 0,91 3,67	43,10 4,31 47,23
	Fe					
	Mn					
	Cu					
N ^o 6. Tube digestif vidé	9,090	4,904	0,290	0,22 0,09 4,40	4,05 0,31 5,25	6,89 2,06 34,48
	Fe					
	Mn					
	Cu					
N ^o 7. Bras (partie terminale)	18,472	3,097	0,715	14,36 0,05 0,27	67, 80 0,32 4,61	293,68 0,83 6,99
	Fe					
	Mn					
	Cu					

N° 8. Deux yeux	6,060	1,013	0,220	Fe Mn Cu	0,82 0,26 0,82	4,93 1,57 4,93	22,72 7,27 22,72
N° 9. Deux cœurs	1,778	0,353	0,066	Fe Mn Cu	2,81 0,22 1,12	14,16 1,13 5,66	75,75 6,06 30,30
N° 10. Muscles	16,558	3,048	0,635	Fe Mn Cu	0,30 0,08 0,06	1,62 0,45 0,32	7,87 2,20 1,57
POULPE ♂ <i>Octopus vulgaris</i> Lam. 2^e SÉRIE. — Individu : 900 gr.							
N° 1. Foie	11,341	4,191	0,240	Fe Mn Cu	13,22 0,15 14,98	35,79 0,42 40,56	625,00 7,50 708,30
N° 2. Glandes salivaires	2,843	0,805	0,083	Fe Mn Cu	4,22 0,56 0,35	14,90 1,98 1,24	144,57 19,27 12,04
N° 3. Branchies	10,050	2,207	0,307	Fe Mn Cu	1,49 0,09 0,39	6,79 0,45 1,81	48,85 3,25 13,02
N° 4. Deux cœurs	1,496	0,307	0,052	Fe Mn Cu	0,66 0,20 1,33	3,25 0,97 6,51	28,84 5,76 38,46

N ^o 5. Tube digestif vidé	7,809	1,698	0,240	Fe Mn Cu	0,12 0,20 1,15	0,58 0,94 5,30	4,16 6,66 37,50
--	-------	-------	-------	----------------	----------------------	----------------------	-----------------------

3^e SÉRIE. — Individu : 810 gr. ♂

N ^o 1. Foie	11,920	4,211	0,227	Fe Mn Cu	3,35 0,05 14,26	9,49 40,37	17,62 2,64 478,89
------------------------------	--------	-------	-------	----------------	-----------------------	---------------	-------------------------

N ^o 2. Reins	2,417	0,592	0,100	Fe Mn Cu	2,06 0,28 2,89	6,75 1,18 11,82	50,00 7,00 70,00
-------------------------------	-------	-------	-------	----------------	----------------------	-----------------------	------------------------

N ^o 3. Glandes salivaires	2,644	0,780	0,190	Fe Mn Cu	3,78 0,11 0,37	12,82 1,03 1,28	52,63 5,26
--	-------	-------	-------	----------------	----------------------	-----------------------	---------------

N ^o 4. Branchies	11,594	2,633	0,383	Fe Mn Cu	1,55 0,12 0,34	6,83 0,60 1,51	46,99 4,17 10,44
-----------------------------------	--------	-------	-------	----------------	----------------------	----------------------	------------------------

CALMAR COMMUN

Loligo vulgaris Lam.

N ^o 1. Un individu entier	6,768	1,621	0,270	Fe Mn Cu	0,44 0,05 0,29	1,85 0,24 1,23	11,11 1,48 7,40
--	-------	-------	-------	----------------	----------------------	----------------------	-----------------------

N ^o 2. —	6,955	1,668	0,270	Fe Mn Cu	0,43 0,05 0,43	1,79 0,23 1,79	11,11 1,48 11,11
---------------------------	-------	-------	-------	----------------	----------------------	----------------------	------------------------

N° 3.	—	.....	7,844	1,845	0,261	Fe Mn Cu	0,38 0,07 0,38	1,62 0,32 1,62	11,49 2,29 11,49
N° 4.	—	.....	8,894	2,252	0,284	Fe Mn Cu	0,33 0,07 0,44	1,33 0,31 1,77	10,56 2,46 14,08
Etude de divers organes :									
N° 1.	Têtes de 4 individus		8,944	1,949	0,370	Fe Mn Cu	1,11 0,11 0,55	5,13 0,51 2,56	27,02 2,70 13,51
N° 2.	Glandes génitales de 8 individus .		5,672	1,607	0,162	Fe Mn Cu	1,76 0,12 0	6,22 0,41 0	61,72 4,32 0
N° 3.	Glandes coq. de 10 individus ...		8,684	2,769	0,286	Fe Mn Cu	0,34 0,57 0,23	1,08 1,80 0,72	10,40 17,48 6,99
N° 4.	Petites poches noires de 10 individus		0,508	0,192	0,040	Fe Mn Cu	5,90 0,78 0	15,62 2,08 0	75,00 10,00 0
N° 5.	Peau de 3 individus.....		10,355	2,216	0,302	Fe Mn Cu	0,19 0,03 0	0,90 0,18 0	6,62 1,32 0

Wang-Tai-Si

CEUFS DES SEICHES

Sepia officinalis Lin.

N ^o 1.	Neuf œufs entiers	18,107	1,245	0,649	Fe Mn Cu	0,55 0,41 0,41	8,03 1,76 1,60	15,40 3,30 3,08
N ^o 2.	—	10,373	1,176	0,401	Fe Mn Cu	0,91 0,03 0,19	8,50 0,34 1,70	24,93 0,99 4,98
N ^o 3.	Neuf petites seiches de 15 = de long	1,996	0,432	0,078	Fe Mn Cu	1,02 0,51 0	4,62 2,31 0	25,64 17,82 0
N ^o 4.	—	2,182	0,450	0,087	Fe Mn Cu	0,91 0,45 0	4,44 2,22 0	22,99 11,49 0
N ^o 5.	Liquide amniotique de neuf œufs	15,567	0,790	0,670	Fe Mn Cu	0,12 0,06 0	2,53 1,27 0	2,98 1,49 0
N ^o 6.	—	16,541	0,837	0,702	Fe Mn Cu	0,12 0,06 0	2,38 1,19 0	2,84 1,42 0
N ^o 7.	Coque de neuf œufs	4,784	0,409	0,185	Fe Mn Cu	1,04 0,31 0	12,22 3,66 0	27,02 8,10 0

N° 8.	—	.....	4,545	0,406	0,182	Fe Mn Cu	1,10 0,33 0	12,31 3,69 0	27,40 8,24 0
Etude de divers organes d'un individu pesant 250 gr. ♂ :									
1 ^{re} SÉRIE.									
N° 1.	Organes génitaux		2,643	0,529	0,092	Fe Mn Cu	1,89 0,45 0,37	9,45 0,74 1,89	54,34 4,35 10,86
N° 2.	Reins		1,308	0,255	0,055	Fe Mn Cu	1,52 0,45 0,67	7,84 0,78 3,92	36,36 3,63 18,18
N° 3.	Tube digestif vidé		2,624	0,387	0,087	Fe Mn Cu	1,90 0,26 0,38	12,91 1,80 2,58	57,47 8,04 11,49
N° 4.	Poche noire avec le contenu		6,940	1,912	0,680	Fe Mn Cu	0,28 0 0	1,04 0 0	2,94 0 0
N° 5.	Branchies		5,880	1,343	0,180	Fe Mn Cu	1,71 0,17 0,34	7,44 0,74 1,48	55,55 5,55 11,11
N° 6.	Deux yeux		7,071	1,114	0,239	Fe Mn Cu	0,28 0,02 0,28	1,79 0,47 1,79	8,62 0,83 8,54

Etude de divers organes d'un individu
de 202 gr. ♀

2° SÉRIE.

N° 1. Organes génitaux	5,085	4,135	0,160	Fe Mn Cu	1,96 0,13 0,39	8,81 4,61 1,76	62,50 4,37 12,50
N° 2. Branchies	4,200	0,918	0,133	Fe Mn Cu	1,19 0,26 0,23	5,44 1,19 1,08	44,24 8,27 7,50
N° 3. Poche noire avec le contenu	5,535	4,680	0,458	Fe Mn Cu	0,90 0,09 0	2,97 0,29 0	10,91 1,09 0
N° 4. Tête entier	3,577	0,978	0,099	Fe Mn Cu	0,69 0,13 0	2,53 0,51 0	25,25 5,05 0
N° 5. Deux yeux	7,205	1,040	0,240	Fe Mn Cu	0,69 0,09 0,13	4,80 0,67 0,96	20,80 2,91 4,16
N° 6. Muscles	44,470	11,445	1,505	Fe Mn Cu	0,33 0,02 0,04	1,31 0,09 0,17	9,96 0,73 1,32

Etudes des variations physiologiques de
la teneur en métaux dans le foie.

Poids
de l'individu entier du foie entier

N° 1.	402 gr. ♂	3 gr. 460	3,460	0,940	0,120	Fe Mn Cu	2,89 0,41 34,68	10,63 0,41 427,65	83,33 4,16 1000,00
N° 2.	460 gr. ♂	3 gr. 723	3,723	1,124	0,129	Fe Mn Cu	2,68 0,13 32,23	17,79 0,44 106,76	77,51 3,87 930,23
N° 3.	482 gr. ♀	6 gr. 120	6,120	2,150	0,240	Fe Mn Cu	3,26 0,16 40,86	9,30 0,74 116,27	83,33 6,66 1041,60
N° 4.	570 gr. ♂	18 gr. 00	7,420	2,380	0,260	Fe Mn Cu	6,73 0,21 40,40	21,00 0,76 126,05	192,30 6,15 1153,80
N° 5.	760 gr. ♀	19 gr. 50	10,160	2,550	0,397	Fe Mn Cu	4,65 0,17 34,44	18,43 0,70 137,25	143,57 4,57 881,61
N° 6.	850 gr. ♂	25 gr. 50	8,624	2,910	0,200	Fe Mn Cu	8,69 0,25 35,94	25,77 0,75 106,52	375,00 11,00 1550,00

B. — Teneur en fer, en manganèse et en cuivre chez les Gastéropodes

CLASSIFICATION DES GASTÉROPODES

I. — STREPTONEURA

a) ASPIDOBANCHES

1. DOCCOGLOSSES

PATELLIDÉES : *Patella vulgata* Lin.

2. RHIPIDOGLÖSSE

HALIOTIDÉES : *Haliotis tuberculata* Lin.

TROCHIDÉES : *Trochus crassus* Pult.
Trochus umbilicatus Mont.

b) PECTINIBANCHES

1. TAENIOGLOSSES

LITTORINIDÉES : *Littorina littorea* Lin.
Littorina obtusata Lin.

2. STENOGLOSSES

MUREXIDÉES : *Murex troncchulus* Lin.

BUCCINIDÉES : *Buccinum undatum* Lin.

PURPURIDÉES : *Purpurea lapillis* Lam.

II. — EUTHYNEURA

a) OPISTOBANCHES

1. TECTIBANCHES

APLYSIOMORPHES : *Aplysia punctata* Cuv.

2. NUDIBANCHES

DOVIDÉES.

b) PULMONÉS

1. BASOMATOPHORES

PLANORBIS.

2. STYLOMATOPHORES

HELICIDÉES : *Helix pomatia* Lin.
Helix pisana Müll.
Helix aspersa Müll.
Arion flavus Müll.

PATELLES

Patella vulgata Lin.
Poids de la coquille.

Prise d'essai en grammes à l'état de :

	Matière fraîche	Matière sèche	Cendres
N° 1.	1,190	0,318	0,050
N° 2.	1,521	0,435	0,071
N° 3.	3,815	1,128	0,148
N° 4.	3,920	1,025	0,148
N° 5.	4,198	1,018	0,116
N° 6.	4,220	1,185	0,158
N° 7.	7,780	1,218	0,212

Teneur pour 100 grammes de :

	Matière fraîche	Matière sèche	Cendres
	en milligrammes		
	29,41	110,06	700,00
	0,16	0,62	4,00
	0	0	0
	23,01	80,40	492,95
	0,13	0,45	2,81
	0	0	0
	34,07	115,24	878,37
	0,13	0,44	3,37
	0	0	0
	33,16	126,82	878,37
	0,10	0,39	2,70
	0	0	0
	33,34	137,50	1206,80
	0,09	0,39	3,44
	0	0	0
	33,17	118,14	886,07
	0,09	0,33	2,53
	0	0	0
	18,11	114,80	660,37
	0,12	0,81	4,71
	0	0	0

N° 8,	11 gr. 45	9,628	2,444	0,348	Fe Mn Cu	14,54 0,10 0	57,28 0,40 0	364,58 2,87 0
-------	-----------	-------	-------	-------	----------------	--------------------	--------------------	---------------------

Etude des variations physiologiques dans les
foies des patelles de taille moyenne pesant
environ, sans coquille, de 4 à 5 gr.
Chaque analyse est faite sur deux foies :

N° 1.	1,775	0,782	0,060	Fe Mn Cu	34,07 0,16 0	102,29 0,38 0	1331,00 5,00 0
------------	-------	-------	-------	----------------	--------------------	---------------------	----------------------

N° 2.	1,770	0,710	0,065	Fe Mn Cu	50,84 0,17 0	126,70 0,42 0	1384,60 4,61 0
------------	-------	-------	-------	----------------	--------------------	---------------------	----------------------

N° 3.	1,630	0,652	0,063	Fe Mn Cu	52,14 0,18 0	130,30 0,46 0	1349,20 4,76 0
------------	-------	-------	-------	----------------	--------------------	---------------------	----------------------

N° 4.	1,555	0,669	0,065	Fe Mn Cu	51,44 0 0	119,58 0 0	230,70 0 0
------------	-------	-------	-------	----------------	-----------------	------------------	------------------

OREILLE DE MER
Haliotis tuberculata Lin.

		Coquille	
N° 1.	3 cm. 4	longueur	poids
		1 gr. 50	
		0,610	0,138
		Fe Mn Cu	3,03 0,24 0
			16,39 4,31 0
			72,46 5,79 0

N° 2.	4 cm. 2	2 gr. 20	7,900	4,199	0,338	Fe Mn Cu	3,46 0,40 0,12	20,85 0,66 0,83	73,99 2,36 2,95
N° 3.	5 cm. 2	4 gr. 20	8,233	4,738	0,298	Fe Mn Cu	9,10 0,47 0	43,45 0,80 0	251,60 4,69 0
N° 4.	5 cm. 3	5 gr.	9,879	4,903	0,441	Fe Mn Cu	7,59 0,08 0	39,46 0,42 0	182,48 1,99 0
N° 5.	5 cm. 4	5 gr.	10,707	4,964	0,557	Fe Mn Cu	9,33 0,25 0	50,91 1,37 0	179,53 4,84 0
N° 6.	6 cm. 5	7 gr.	22,465	4,765	0,822	Fe Mn Cu	3,33 0,47 0,08	15,76 0,83 0,41	91,24 4,86 2,43
N° 7.	8 cm.	19 gr. 5	38,295	7,540	1,225	Fe Mn Cu	3,65 0,06 0,02	18,56 0,33 0,13	114,28 2,04 0,81
<i>Etude de divers organes</i>									
N° 1.	Glande génitale	.....	1,604	0,450	0,075	Fe Mn Cu	4,91 0,30 0	15,00 0,93 0	191,38 1,96 0
N° 2.	Manteaux	.....	2,573	0,385	0,102	Fe Mn Cu	3,88 0,27 0	25,97 1,82 0	98,03 6,86 0

N ^o 3. Branchies	0,626	0,419	0,019	Fe Mn Cu	3,19 0,79 0	16,80 4,20 0	105,26 26,34 0
N ^o 4. Tête	4,620	0,310	0,050	Fe Mn Cu	1,23 0,43 0,61	6,45 2,25 3,27	40,00 44,00 20,00
N ^o 5. Foie d'un individu pesant 23 gr. .	2,088	0,613	0,155	Fe Mn Cu	7,18 0,67 0	24,46 2,28 0	96,77 9,03 0
N ^o 6. Foie d'un individu pesant 28 gr. .	2,651	0,765	0,115	Fe Mn Cu	7,54 0,52 1,13	26,14 1,83 3,92	177,00 12,38 26,54
N ^o 7. Foie d'un individu pesant 35 gr. .	3,640	1,228	0,152	Fe Mn Cu	6,83 0,54 1,09	20,35 1,62 3,25	164,47 13,15 26,31
N ^o 8. Foie d'un individu pesant 124 gr.	8,137	2,665	0,209	Fe Mn Cu	4,91 0,30 0	15,00 0,93 0	191,38 11,96 0
TROQUES							
<i>Trochus crassus</i> Pult.							
N ^o 1. Cinq individus	2,510	0,595	0,145	Fe Mn Cu	15,93 0,23 0	67,22 1,00 0	275,86 4,13 0
N ^o 2. Cinq individus	2,726	0,626	0,161	Fe Mn Cu	14,67 0,29 0	63,89 1,27 0	248,44 4,96 0

N° 3. Six foies..... 4,005 0,300 0,036 Fe 39,80 133,33 1111,11
Mn 0,69 2,33 19,44
Cu 0 0 0

N° 4. Six foies..... 0,890 0,262 0,034 Fe 33,70 114,50 882,30
Mn 0,67 2,29 17,64
Cu 0 0 0

TROQUES

Trochus ombicalis Mont.

N° 1. Six individus 2,377 0,520 0,128 Fe 21,03 96,15 390,62
Mn 0,25 1,15 4,68
Cu 0 0 0

N° 2. Six individus 2,555 0,593 0,156 Fe 19,56 84,31 320,51
Mn 0,23 1,01 3,84
Cu 0 0 0

VIGNOT

Littorina obtusata Lin.

N° 1. Dix individus 2,305 0,502 0,125 Fe 17,35 79,68 400,00
Mn 0,39 1,79 7,20
Cu 0,43 1,99 8,00

N° 2. Dix individus 2,345 0,540 0,130 Fe 17,05 74,07 307,69
Mn 0,38 1,66 6,92
Cu 0,42 1,85 7,69

Littorina littorea Lin.

N ^o 1. Cinq individus	5,035	4,290	0,250	Fe Mn Cu	17,87 0,29 0,39	69,76 4,16 1,55	360,00 6,00 8,00
N ^o 2. Cinq individus	4,826	4,444	0,280	Fe Mn Cu	18,64 0,34 0,41	62,32 1,04 1,38	324,42 5,35 7,14
N ^o 3. Huit foies	1,340	0,520	0,068	Fe Mn Cu	22,38 1,04 0	57,69 2,69 0	444,17 20,59 0
N ^o 4. Huit foies	1,730	0,590	0,079	Fe Mn Cu	20,23 0,92 0	59,32 2,71 0	443,03 20,25 0

ROCHER ou BIOUS

Murex troncchulus Lin.

N ^o 1. Trois individus entiers	1,456	0,538	0,131	Fe Mn Cu	17,17 1,09 2,06	47,34 2,97 5,57	190,83 12,24 22,90
N ^o 2. Trois individus entiers	1,377	0,542	0,129	Fe Mn Cu	18,15 0,72 2,17	46,12 1,84 5,53	193,79 7,75 23,25

RAN

Buccinum undatum Lin.

N° 1. Un individu entier	8,917	2,764	0,300	Fe Mn Cu	2,80 0,12 7,85	9,04 0,39 25,32	83,33 3,66 233,33
N° 2. Un individu entier	8,896	2,763	6,298	Fe Mn Cu	2,81 0,11 7,86	9,04 0,36 25,33	83,89 3,46 234,89

BUCCIN ou RAN

Buccinum undatum Lin.

Etude de divers organes :

				Mn trouvé en milligr.			
N° 1. Un individu entier	15,824	4,403	0,527	0,021	0,13	0,47	3,98
N° 2. Trois opercules	0,780	0,543	0,027	0,015	1,92	2,76	55,55
N° 3. Glande hermaphrodite	1,238	0,632	0,024	0,008	0,64	1,26	33,33
N° 4. Glande à l'albumine	1,599	0,544	0,141	0,007	0,43	1,28	4,96
N° 5. Pneumotomes	1,125	0,270	0,036	0,004	0,35	1,48	11,11
N° 6. Reins	0,579	0,153	0,018	0,0015	0,25	0,98	8,33
N° 7. Œsophage	1,421	0,386	0,034	0,0035	0,25	0,91	10,29
N° 8. Glande salivaire	1,417	0,609	0,028	0,003	0,21	0,49	10,71
N° 9. Cœur	1,019	0,225	0,020	0,002	0,19	0,88	10,00
N° 10. Foie	3,087	1,525	0,082	0,004	0,12	0,26	4,87

POURPRE A TEINTURE

‡*Purpurea lapillis* Lam.

N ^o 1.	Cinq individus entiers	3,222	0,949	0,171	Fe Mn Cu	24,82 0,21 0,93	84,29 0,73 3,18	467,83 4,09 17,54
N ^o 2.	Cinq individus entiers	2,950	0,810	0,150	Fe Mn Cu	27,41 0,30 1,01	98,76 1,11 3,70	533,33 6,00 20,00
N ^o 3.	Huit foies	0,756	0,246	0,030	Fe Mn Cu	26,45 0,52 1,32	81,30 1,62 4,06	666,66 13,33 33,33
N ^o 4.	Huit foies	0,665	0,247	0,031	Fe Mn Cu	22,55 0,45 1,50	60,72 1,09 4,04	483,87 9,67 32,25

APLYSIE ou LIÈVRE DE MER

Aplysia punctata Cuv.

N ^o 1.	Un individu entier	2,600	0,277	0,160	Fe Mn Cu	5,76 0,26 0,38	54,15 2,52 3,61	93,75 4,37 6,25
N ^o 2.	—	4,820	0,450	0,257	Fe Mn Cu	5,18 0,16 0,41	55,43 1,77 4,43	97,27 3,11 7,78

N ^o 3.	—	.....	9,448	0,711	0,542	Fe Mn Cu	4,23 0,08 0,42	56,25 1,12 5,62	73,80 1,47 7,38
N ^o 4.	—	.....	20,038	1,462	1,096	Fe Mn Cu	1,74 0,10 0,29	23,93 1,50 4,10	31,96 2,01 5,47
Etude de divers organes:									
N ^o 1. Deux foies	.....	3,489	0,410	0,503	Fe Mn Cu	8,59 0,42 0	73,17 3,65 0	291,26 14,56 0	
N ^o 2.	—	.....	3,408	0,417	0,170	Fe Mn Cu	7,33 0,44 0,29	59,95 3,59 2,39	147,01 8,82 5,88
N ^o 3.	—	.....	3,067	0,327	0,107	Fe Mn Cu	9,78 0,32 0	91,74 3,05 0	280,37 93,45 0
N ^o 4.	—	.....	2,451	0,280	0,102	Fe Mn Cu	10,19 0,28 0	89,28 2,50 0	245,90 6,86 0
N ^o 5. Organes génitaux de 10 individus	.....	2,095	0,397	0,095	Fe Mn Cu	2,38 0,57 0	12,59 3,02 0	52,63 12,36 0	

N° 6, Glandes à l'albumine de 10 individus

2,285	0,431	0,132	Fe	4,05	25,50	75,77
			Mn	0,52	2,78	9,09
			Cu	0	0	0

N° 7. Peau de 10 individus

11,380	2,275	0,300	Fe	0,80	4,39	33,33
			Mn	0,10	0,52	4,00
			Cu	0	0	0

N° 8. Dix opercules

2,479	1,196	0,692	Fe	1,00	2,09	3,61
			Mn	0,40	0,83	1,44
			Cu	0	0	0

Wang-Tai-Si

ESCARGOT DE BOURGOGNE

Helix pomatia Lin.

N° 1. Un individu entier

5,918	1,483	0,327	Fe	3,37	13,48	61,17
			Mn	1,11	4,45	20,10
			Cu	2,53	10,11	45,87

N° 2. —

6,300	1,561	0,417	Fe	3,17	12,81	47,96
			Mn	1,11	4,48	16,78
			Cu	2,53	10,20	38,36

N° 3. —

8,450	2,083	0,529	Fe	2,95	12,00	47,25
			Mn	1,18	4,80	18,90
			Cu	2,13	8,64	34,02

N° 4. —

9,198	2,953	0,643	Fe	1,63	5,07	23,32
			Mn	0,65	2,03	9,33
			Cu	2,17	6,77	31,10

52

Deux individus pesant 6 grammes environ chaque :

N° 1. Foie	1,466	0,401	0,056	Fe Mn Cu	5,45 4,09 2,04	19,95 14,96 7,48	142,85 107,44 53,57
N° 2. Foie	1,681	0,475	0,064	Fe Mn Cu	4,72 4,16 1,78	16,84 14,70 6,31	125,00 109,37 46,87
N° 3. Deux glandes à l'albumine	0,511	0,185	0,011	Mn Cu	9,78	27,00 trace trace	454,54
N° 4. Muscles de deux individus	4,611	1,082	0,179	Fe Mn Cu	0,21 0,08 0,21	9,24 3,69 9,24	55,86 22,34 55,86

MOURGUETTE

Helix pisana Müll.

Chaque analyse est faite avec six individus, sans coquille :

N° 1.	5,160	1,039	0,201	Fe Mn Cu	9,68 0,34 0,38	48,12 1,73 1,61	248,75 8,95 9,95
N° 2.	4,930	0,810	0,159	Fe Mn Cu	8,11 0,26 0,40	49,38 1,97 2,46	251,57 10,06 12,57

N° 3.	4,840	0,802	0,452	Fe Mn Cu	8,26 0,28 0,44	49,87 1,74 2,49	263,81 9,21 13,15
N° 4.	4,548	0,840	0,464	Fe Mn Cu	10,99 0,30 0,43	59,52 1,66 2,38	304,90 8,53 12,19
N° 5. Excrements.....	1,758	0,785	0,564	Fe Mn Cu	62,57 1,59 0,56	140,12 35,66 1,27	195,03 49,64 1,77
N° 6. Excréments.....	1,888	0,808	0,587	Fe Mn Cu	58,26 1,48 0,52	136,13 34,65 1,23	187,39 47,70 1,70
PETIT GRIS							
<i>Helix aspersa</i> Müll.							
N° 1. Un individu entier	1,413	0,190	0,033	Fe Mn Cu	7,07 1,41 0,70	52,63 10,52 5,26	303,03 60,60 30,30
N° 2.	2,485	0,508	0,055	Fe Mn Cu	2,01 0,60 1,20	9,84 2,95 5,90	68,49 27,27 54,54
N° 3.	3,318	0,529	0,073	Fe Mn Cu	3,61 0,45 1,21	22,68 2,83 7,56	164,38 205,47 54,79

N ^o 4.	—	.....	3,538	0,510	0,076	Fe Mn Cu	2,82 0,84 0,70	19,60 5,88 4,90	131,57 39,47 32,89
N ^o 5.	—	.....	3,692	0,659	0,099	Fe Mn Cu	2,70 0,67 0,54	15,17 3,79 3,03	101,01 25,25 20,20
N ^o 6.	—	.....	4,258	0,676	0,083	Fe Mn Cu	2,38 0,46 1,17	4,79 2,95 7,39	120,48 24,09 60,24
N ^o 7.	—	.....	4,553	0,685	0,118	Fe Mn Cu	3,29 0,54 0,65	21,89 3,64 4,38	127,11 21,18 25,42
N ^o 8.	—	.....	14,174	2,932	0,405	Fe Mn Cu	2,52 0,38 1,26	17,05 1,87 8,53	123,45 13,58 66,73
Etude de divers organes :									
N ^o 1.	Sept foies	.....	5,631	0,532	0,160	Fe Mn Cu	159,82 4,26 1,06	1691,70 45,11 11,27	5625,00 150,00 37,50
N ^o 2.	Sept reins	.....	2,455	0,542	0,060	Fe Mn Cu	6,00 0,32 1,22	27,67 1,47 5,53	250,00 13,33 50,00

N° 3. Sept glandes hermaphrodites ...	0,328	0,062	0,008	Fe Mn Cu	15,55 1,82 6,09	80,64 9,67 32,25	625,00 75,00 250,00
N° 4. Neuf glandes à l'albumine	6,754	2,854	0,120	Fe Mn Cu	5,63 0,14 1,33	13,31 0,35 3,15	316,66 8,33 75,00
N° 5. Sept pneumotomes	2,149	0,349	0,075	Fe Mn Cu	6,98 0,23 1,39	42,97 1,43 8,59	200,00 6,66 40,00
N° 6. Sept cordons godronnés	0,591	0,350	0,022	Fe Mn Cu	8,46 0,33 1,69	14,28 0,57 2,85	227,27 9,99 45,45
N° 7. Muscles de quatre individus	5,045	0,389	0,148	Fe Mn Cu	3,96 0,17 0,79	22,49 1,01 4,49	135,13 6,08 27,02
Etude des variations individuelles dans les foies :							
N° 1. Foie	1,852	0,931	0,051	Fe Mn Cu	10,79 4,04 1,61	21,48 8,05 3,22	392,15 147,00 58,52
N° 2. —	1,821	0,616	0,061	Fe Mn Cu	10,98 6,58 1,37	32,46 19,48 4,05	327,86 196,72 40,98

N° 3.	—	.....	1,685	0,434	0,065	Fe Mn Cu	17,80 4,45 1,18	69,60 17,40 4,64	446,53 445,38 30,76
N° 4.	—	.....	1,651	0,494	0,041	Fe Mn Cu	18,17 4,23 1,21	61,22 14,17 4,04	731,70 170,73 48,48
N° 5.	—	.....	1,588	0,441	0,065	Fe Mn Cu	22,04 5,35 1,25	79,36 19,27 4,53	538,46 130,76 30,76
N° 6.	—	.....	1,562	0,520	0,060	Fe Mn Cu	19,20 6,78 0,96	57,69 23,07 2,88	500,00 200,00 25,00
N° 7.	—	.....	1,382	0,429	0,058	Fe Mn Cu	14,39 5,42 1,09	46,62 17,48 3,49	344,59 129,30 25,86
N° 8.	—	.....	1,237	0,328	0,068	Fe Mn Cu	24,25 8,08 1,21	91,46 30,48 4,57	411,47 147,05 20,05
Etude des variations à jeun. 12 individus presque de même taille sont mis à jeûner le 16 août 1927 :									
N° 1.	Le 26 août	.....	4,676	1,666	0,146	Fe Mn Cu	0,21 0,34 1,06	0,85 1,37 4,28	6,84 40,95 34,24

N° 2. Le 26 août	4,609	0,988	0,150	Fe Mn Cu	0,21 0,43 0,54	1,01 2,02 2,53	6,66 13,33 16,66
N° 3. Le 5 septembre	3,428	0,702	0,062	Fe Mn Cu	4,37 0,46 1,16	21,36 2,29 5,69	214,93 25,80 64,51
N° 4. Le 5 septembre	3,406	0,474	0,035	Fe Mn Cu	4,40 0,49 0,58	31,64 3,58 4,21	428,57 48,57 57,14
N° 5. Le 15 septembre	2,635	0,425	0,066	Fe Mn Cu	5,69 0,68 0,75	35,29 4,23 4,70	227,27 27,27 30,30
N° 6. Le 15 septembre	3,131	0,495	0,075	Fe Mn Cu	5,74 0,47 0,63	36,36 3,03 4,04	240,00 20,00 26,66
N° 7. Le 20 septembre	3,473	0,584	0,082	Fe Mn Cu	4,72 0,47 1,26	25,68 2,57 6,73	182,92 18,30 48,78
N° 8. Le 20 septembre	3,847	0,827	0,107	Fe Mn Cu	5,19 0,41 1,29	24,18 1,92 5,38	186,91 14,95 46,72
N° 9. Le 25 septembre	3,420	0,650	0,109	Fe Mn Cu	5,84 0,73 1,75	30,76 3,84 9,23	183,48 22,93 55,04

N° 10. Le 25 septembre	3,439	0,502	0,075	Fe Mn Cu	6,37 0,78 4,27	39,84 4,98 7,96	266,66 33,33 53,33
N° 11. Le 30 septembre	2,369	0,433	0,063	Fe Mn Cu	6,33 0,67 1,68	34,64 3,69 9,23	238,09 25,39 63,49
N° 12. Le 30 septembre	2,404	0,517	0,057	Fe Mn Cu	2,07 0,45 1,66	9,67 2,12 7,73	87,71 19,29 70,17
N° 1. Excrements (normaux)	1,627	0,936	0,693	Fe Mn Cu	153,65 7,99 1,22	267,09 13,90 2,13	359,19 18,75 2,88
N° 2. Excrements (des jeûneurs)	0,426	0,190	0,071	Fe Mn Cu	5,86 4,69 2,35	13,15 10,52 5,26	35,21 28,16 14,08
ARION JAUNE							
<i>Arion flavus</i> Müll.							
N° 1. Un individu entier à jeûn	10,300	2,328	0,520	Fe Mn Cu	2,42 1,06 5,82	10,73 4,72 25,77	48,07 21,15 115,38
N° 2. Un individu entier à jeûn	7,762	1,343	0,447	Fe Mn Cu	1,93 1,45 6,44	11,16 6,70 37,23	35,97 24,58 119,90

C. — Teneur en fer, en manganèse et en cuivre chez les Lamellibranches

CLASSIFICATION DES LAMELLIBRANCHES

a) PROTOBRANCHES

b) FILIBRANCHES

- ANOMIACÉS : *Anomia ephippium* Lam.
ARCACÉS : *Pectonculus glyceris* Lam.
MYTILACÉS : *Mytilus edulis* Lin.
PECTINACÉS : *Pecten Jacobæus* Lin.
Pecten varius Lin.
Pecten maximus Lin.

c) EULAMELLIBRANCHES

- OSTREACÉS : *Gryphea angulata* Lam.
Ostrea edulis Lin.
Pinna rudis Lin.
SUBMYTILACÉS : *Unio*.
Anodonta.
TELLINACÉS : *Tellina crassa* Penn.
Tellina tenuis Dacosta.
Macra helvetica Chemm.
Macra corollina.
Donax trunculus Lin.
Scrobicularia piperata Gmel.
VENERACÉS : *Venus verrucosa* Lin.
Venus mercenaria.
Tapes decussatus Lin.
Tapes aureus Lam.
Dosinia exoleta Lin.
Cytherea chione Lam.
CARDIACÉS : *Cardium edule* Lin.
Cardium norvegicum Spengler.
MYACÉS : *Mya arenaria* Lin.
Lutraria elliptica Lam.
Solen siliqua Lin.

d) SEPTIBRANCHES

I. FILIBRANCHES

ANOMIE PELURE D'OIGNON

Anomia ephilippium Lin.

Cinq individus entiers

	Prise d'essai en grammes à l'état de :		
	Matière fraîche	Matière sèche	Cendres
Fe	2,04	10,08	50,00
Mn	0,17	0,88	4,37
Cu	1,13	5,67	28,12

en milligrammes

PÉTONCLE LARGE

Pectonculus glycemeris Lam.

Poids de la coquille :

N ^o 1.	3 gr. 30	4,008	0,245	0,059	Fe	4,96	20,40	84,74
					Mn	1,58	6,53	27,14
					Cu	0	0	0
N ^o 2.	6 gr. 40	3,830	0,475	0,161	Fe	2,61	24,05	62,41
					Mn	0,26	2,10	6,21
					Cu	0,62	4,21	12,42
N ^o 3.	18 gr. 20	4,260	0,689	0,220	Fe	3,52	21,77	68,18
					Mn	0,23	1,45	4,54
					Cu	0,46	2,92	9,09
N ^o 4.	21 gr. 20	9,823	2,820	1,425	Fe	2,03	7,09	14,03
					Mn	0,26	0,92	1,82
					Cu	0,40	1,41	2,80

Etude de divers organes pris de 3 individus :

1^{re} SÉRIE .

N° 1. Foie	2,770	0,640	0,043	Fe Mn Cu	8,81 0,22 1,32	31,25 0,78 4,68	465,41 44,62 69,40
N° 2. Organes génitaux	1,596	0,493	0,044	Fe Mn Cu	3,43 0,25 1,25	10,44 0,81 4,05	113,63 9,09 45,45
N° 3. Manteaux	1,534	0,282	0,064	Fe Mn Cu	6,50 0,32 1,30	35,46 4,77 7,09	156,25 78,12 31,25
N° 4. Siphons	3,292	0,941	0,070	Fe Mn Cu	0,75 0,09 0,30	2,65 0,34 1,06	34,71 4,28 14,28
N° 5. Branchies	1,747	0,315	0,070	Fe Mn Cu	5,72 0,40 0,57	31,74 2,20 3,18	142,85 10,00 14,28
N° 6. Glandes précordiales	0,978	0,195	0,052	Fe Mn Cu	20,44 1,63 3,06	102,56 8,20 45,30	384,61 30,78 57,69
N° 7. Muscles	3,147	0,845	0,095	Fe Mn Cu	1,58 0,06 0	5,94 0,23 0	51,63 2,10 0

2^e SÉRIE.

N ^o 1. Foies	2,275	0,660	0,049	Fe Mn Cu	8,79 0,30 4,34	30,30 4,06 4,54	408,46 14,28 64,22
N ^o 2. Organes génitaux	1,660	0,521	0,044	Fe Mn Cu	3,04 0,24 4,20	9,59 0,76 3,53	143,60 9,09 45,45
N ^o 3. Manteaux	1,659	0,329	0,079	Fe Mn Cu	6,02 0,36 4,20	30,39 4,83 6,07	126,58 6,18 25,31
N ^o 4. Branchies	1,528	0,264	0,061	Fe Mn Cu	6,54 0,39 0,65	37,87 2,27 3,79	163,93 98,36 16,39

MOULE

Mytilus edulis Lin.

N ^o 1. Un individu entier	6,027	1,449	0,454	Fe Mn Cu	3,31 0,33 0,99	17,40 17,40 5,21	429,87 429,87 38,96
N ^o 2. —	6,440	1,166	0,180	Fe Mn Cu	2,32 0,18 0,93	12,86 10,29 5,14	83,33 66,66 33,33
N ^o 3. —	6,650	1,167	0,180	Fe Mn Cu	3,00 0,18 0,90	17,13 10,28 5,15	141,41 66,66 33,33

N ^o 4.	—	7,220	4,306	0,236	Fe Mn Cu	2,07 0,43 0,96	11,48 7,65 5,69	66,55 42,37 29,64
N ^o 1.	Foie de 7 individus	2,880	0,426	0,095	Fe Mn Cu	20,83 0,59 2,08	140,84 3,75 14,08	631,57 16,84 63,15
N ^o 2.	Organes génitaux de 5 individus	2,496	0,507	0,062	Fe Mn Cu	2,00 0,46 1,20	9,86 0,78 5,91	80,64 6,45 48,33
N ^o 3.	Manteaux de 8 individus	2,894	0,299	0,064	Fe Mn Cu	3,45 0,20 0,69	33,44 2,00 6,68	156,24 9,37 31,25
N ^o 4.	Muscles de 6 individus	1,870	0,440	0,045	Fe Mn Cu	1,60 0 0,53	6,81 0 2,27	66,66 0 22,22

MOULE

Mytilus edulis Lin.

Mn
trouvé
en milligr.

N ^o 1.	Un individu entier	2,023	0,626	0,54	0,011	1,75
N ^o 2.	Glandes précardiales de 10 individus	0,269	0,071	1,82	0,005	7,01
N ^o 3.	Byssus de 5 individus	1,070	0,495	2,43	0,026	13,33

N ^o 4. Foie de 6 individus	1,282	0,402	0,011	0,85	2,73
Foie de 3 individus	0,607	0,256	0,004	0,67	1,56
N ^o 5. Manteaux de 6 individus	0,569	0,186	0,003	0,53	1,61
N ^o 6. Glandes génitales de 3 individus .	0,760	0,251	0,010	1,31	3,98
— — — — —	0,927	0,271	0,014	0,43	1,47
— — — — — de 4 individus	1,202	0,465	0,010	0,82	2,15
N ^o 7. Graisses	1,515	0,668	0,003	0,19	0,45
N ^o 8. Branchies de 4 individus	0,827	0,163	0,008	0,96	4,90
N ^o 9. Pieds de 7 individus	0,997	0,288	0,004	0,40	1,38
N ^o 10. Palpes labiales	0,284	0,109	trace		
N ^o 11. Liquide coelomique	8,097	0,327	0,012	0,15	3,67

COQUILLE SAINT-JACQUES

Pecten jacobæus Lin.

Analyses de différents organes d'un même individu :

N ^o 1. Foie	6,806	1,428	0,246	Fe Mn Cu	8,81 4,29 1,46	42,01 6,16 7,00	243,90 35,77 40,60
N ^o 2. Bosse de Polichinelle	3,248	0,409	0,085	Fe Mn Cu	4,61 1,23 0,30	36,67 9,77 2,44	176,47 47,05 11,76

N° 3. Reins	0,835	0,103	0,029	Fe Mn Cu	44,47 29,94 7,18	97,08 242,71 58,25	344,82 862,06 206,88
N° 4. Manteaux	16,271	1,781	0,399	Fe Mn Cu	2,45 0,27 0,36	22,45 2,47 2,36	100,25 11,02 15,03
N° 5. Branchies	7,719	0,694	0,417	Fe Mn Cu	7,76 0,57 0,25	87,70 6,34 2,88	143,88 10,55 4,79
N° 6. Muscles	33,388	6,562	0,516	Fe Mn Cu	0,44 0,43 0,08	2,28 0,66 0,45	29,06 8,50 5,70

Etudes de divers organes

N° 1. Corps de Bojanus d'un individu .	0,276	0,044		Mn trouvé en milligr.	0,030	68,12	
Corps de Bojanus de 2 individus .	0,544	0,113			0,120	106,66	
N° 2. Foie	1,423	0,337			0,045	13,35	
N° 3. Bosse de Polichinelle	3,730	0,733			0,080	10,93	
—	2,787	0,623			0,018	2,88	
—	3,278	0,815			0,008	0,91	
N° 4. Branchies	2,583	0,158			0,012	7,60	
N° 5. Manteau	12,657	1,074			0,040	3,82	
N° 6. Muscles	30,155	6,207			0,010	0,16	
N° 7. Coquille		1,000			0,006	0,60	

Etude de deux individus.

N° 1.	Coquille 165 gr.	103,676	19,076	3,630	Fe Mn Cu	6,94 2,02 1,50	37,74 11,00 8,30	198,34 57,85 44,02
-------	-----------------------	---------	--------	-------	----------------	----------------------	------------------------	--------------------------

N° 2.	Coquille 125 gr.	88,406	13,896	2,806	Fe Mn Cu	6,22 2,03 1,30	39,57 12,95 8,60	196,00 64,14 42,70
-------	-----------------------	--------	--------	-------	----------------	----------------------	------------------------	--------------------------

Pecten varius Lin.

N° 1.	Coquille 7 gr. 50.....	5,205	0,959	0,260	Fe Mn Cu	2,88 0,30	15,64 1,66 trace	57,69 6,15
-------	------------------------	-------	-------	-------	----------------	--------------	------------------------	---------------

N° 2.	Coquille 4 gr.	2,927	0,389	0,125	Fe Mn Cu	3,41 2,39 0,34	25,70 17,99 2,04	80,00 56,00 8,00
-------	---------------------	-------	-------	-------	----------------	----------------------	------------------------	------------------------

Pecten maximus Lin. ? de Roscoff.

Poids de la coquille :

N° 1.	7 gr. 60	4,395	0,457	0,195	Fe Mn Cu	4,58 0,61	43,76 5,47 trace	153,84 12,80
-------	----------	-------	-------	-------	----------------	--------------	------------------------	-----------------

N° 2.	12 gr. 50	7,585	0,574	0,250	Fe Mn Cu	4,31 0,14 0,13	17,42 4,81 1,74	40,00 4,40 4,00
-------	-----------	-------	-------	-------	----------------	----------------------	-----------------------	-----------------------

N° 3.	39 gr.	20,167	2,954	0,701	Fe Mn Cu	0,24 0,74 0,09	1,69 5,07 0,67	7,13 21,39 2,85
-------	--------	--------	-------	-------	----------------	----------------------	----------------------	-----------------------

N ^o 4.	43 gr.	22,416	2,816	0,862	Fe Mn Cu	1,33 0,66 0,13	10,66 5,33 4,06	34,80 17,40 3,48
N ^o 5.	123 gr.	60,800	9,650	2,890	Fe Mn Cu	0,57 0,18 0,09	3,62 4,13 0,62	12,11 3,80 2,07

Mn
trouvé
en milligr.

Etude de divers organes :

N ^o 1.	Corps de Bojanus	0,200	0,033	0,210	114,00	666,00
N ^o 2.	Glandes précordiales	0,079	0,016	0,005	6,24	31,25
N ^o 3.	Bosse de Polichinelle	0,805	0,112	0,006	0,75	5,36
N ^o 4.	Branchies	2,483	0,281	0,004	0,160	1,42
N ^o 5.	Masse hepato cardiaque	1,005	0,282	0,004	0,39	1,42
N ^o 6.	Manteau	4,601	0,502	0,005	0,11	0,80
N ^o 7.	Liquide célomique	11,480	0,627	0,005	0,04	0,80

II. EULAMELLIBRANCHES

HUITRE PORTUGAISE

Gryphea angulata Lam.

N ^o 1.	Un individu entier	7,143	0,928	0,270	Fe Mn Cu	2,09 0,69 0,55	16,16 5,38 4,31	55,55 18,51 14,81
-------------------	--------------------------	-------	-------	-------	----------------	----------------------	-----------------------	-------------------------

N ^o 2.	—	.....	7,742	1,192	0,290	Fe Mn Cu	3,22 0,64 0,51	20,97 4,19 3,35	86,20 43,79 43,79
N ^o 3.	—	.....	9,192	1,080	0,349	Fe Mn Cu	1,63 0,54 0,43	43,88 4,62 3,70	42,97 14,32 14,32
N ^o 4.	—	.....	10,364	1,473	0,410	Fe Mn Cu	1,94 0,63 0,57	43,57 4,48 4,07	48,78 16,09 14,63
<i>Etude de divers organes.</i>									
N ^o 1. Manteaux de 4 individus.....			5,550	0,822	0,244	Fe Mn Cu	4,50 1,18 0,36	30,41 7,93 2,43	102,45 27,04 8,19
N ^o 2. Branchies de 4 individus			2,932	0,442	0,122	Fe Mn Cu	1,70 1,70 0,34	43,42 11,31 2,26	40,98 41,32 8,19
N ^o 3. Foies de 4 individus			2,837	0,634	0,098	Fe Mn Cu	3,52 1,05 0,70	15,77 4,73 3,45	102,00 30,61 21,78
N ^o 4. Organes génitaux de 3 individus .			0,821	0,420	0,067	Fe Mn Cu	2,43 3,65 1,21	4,76 7,14 2,38	29,85 44,77 14,92
N ^o 5. Muscles de 4 individus			2,908	0,600	0,109	Fe Mn Cu	0,68 0,34 0	3,33 1,66 0	18,34 9,17 0

HUITRE COMESTIBLE

Ostrea edulis Lin.

Poids de la coquille :

N° 1.	27 gr.	5,905	1,305	0,220	Fe Mn Cu	5,08 0,67 0,33	22,72 3,06 1,53	136,36 18,18 9,09
N° 2.	32 gr.	6,985	1,430	0,272	Fe Mn Cu	4,29 0,21 0,28	20,97 1,04 1,39	110,29 5,51 7,35
N° 3.	32 gr. 20	8,508	1,726	0,391	Fe Mn Cu	4,11 0,23 0,35	20,27 1,15 1,73	89,51 5,11 7,67
N° 4.	52 gr. 50	12,731	2,785	0,483	Fe Mn Cu	5,49 0,15 0,31	25,13 0,71 1,43	143,73 4,44 8,28

Etude de divers organes d'un individu pesant 89 gr.

N° 1. Foie	2,379	0,683	0,057	Fe Mn Cu	6,26 0,23 0	1,86 1,31 0	263,15 15,78 0
N° 2. Organes génitaux	5,110	1,477	0,140	Fe Mn Cu	3,91 0,19 0	13,54 0,67 0	138,88 7,14 0

N° 3. Manteau	3,338	0,567	0,130	Fe Mn Cu	4,49 0,53 0,29	26,45 3,17 1,76	115,38 13,84 7,69
---------------------	-------	-------	-------	----------------	----------------------	-----------------------	-------------------------

N° 4. Branchies	1,173	0,178	0,046	Fe Mn Cu	1,70 1,27 0	11,23 8,42 0	43,47 32,60 0
-----------------------	-------	-------	-------	----------------	-------------------	--------------------	---------------------

JAMBONNEAUX

Pinna rudis Lin.

Etude de divers organes :

N° 1. Corps de Bojanus ¹⁾	0,889	0,212		Mn trouvé en milligr.		7,547	
—	0,753	0,200		0,016	1,799	5,500	
—	0,789	0,165		0,011	1,460	7,272	
				0,012	1,591		

N° 2. Byssus	1,750	0,364		0,035	2,00	9,59	
—	4,362	1,107		0,120	2,75	10,84	

N° 3. Organes génitaux ²⁾	1,833	0,573		0,012	0,81	1,56	
—	3,354	0,767		0,007	0,36	0,80	

N° 4. Foie	3,359	0,868		0,007	0,21	0,81	
—	2,006	0,559		0,005	0,25	0,90	

N° 5. Stylet cristallin	0,179	0,078		trace			
—	0,383	0,086		trace			

N° 6. Manteau	13,521	1,526	0,015	0,11	0,98
—	13,204	1,408	0,016	0,12	1,13
N° 7. Branchies	13,142	1,142	0,021	0,16	1,80
—	12,550	1,617	0,016	0,13	1,00
N° 8. Palpes	2,210	0,331	0,004	0,18	1,2
—	1,030	0,114	0,002	0,19	1,7
N° 9. Liquide coelomique	17,009	0,604	0,017	0,10	2,81
—	12,354	0,624	0,015	0,12	2,40
N° 10. Muscles	11,74	2,997	0,008	0,071	0,27
—	14,440	2,247	0,011	0,076	0,49

TELLINE RAYONNANTE

Tellina crassa Pennam.

Etude de trois individus :

N° 1. Coquille 3 gr. 05.....	3,763	0,470	0,385	Fe Mn Cu	31,91 5,95 0	38,96 7,27 0
N° 2. Coquille 3 gr.	3,582	0,360	0,203	Fe Mn Cu	41,66 7,77 0	73,89 13,79 0
N° 3. Coquille 3 gr.	3,491	0,418	0,203	Fe Mn Cu	4,21 0,71 0	73,89 12,31 0

TELLINE MINCE

Tellina tenuis Dacosta.

Chaque analyse porte sur 10 individus entiers sans coquille :

N° 1.	0,939	0,266	0,043	Fe Mn Cu	10,64 4,47 0	37,59 3,43 0	232,55 25,58 0
N° 2.	0,984	0,294	0,050	Fe Mn Cu	10,20 4,12	34,04 3,74 trace	200,00 22,00
N° 3.	0,924	0,266	0,049	Fe Mn Cu	10,82 4,19 0	37,59 4,43 0	204,08 22,44 0
N° 4.	0,973	0,284	0,048	Fe Mn Cu	5,43 4,43 0	17,64 3,87 0	104,16 22,91 0

MACTRE FAUVE

Macra helvetica Chemm.

Etude de divers organes :

N° 1. Foie	1,830	0,417	0,057	Fe Mn Cu	10,92 0,27 0,54	49,43 4,19 2,39	350,87 8,77 17,50
N° 2. Reins et glandes précordiales ...	1,034	0,194	0,067	Fe Mn Cu	9,67 86,38 0	51,54 567,04 0	149,25 1641,70 0

N° 3. Organes génitaux avec leur enveloppe musculaire

9,920	0,251	2,396	Fe	2,01	8,34	79,58
—	—	—	Mn	0,06	0,25	2,39
—	—	—	Cu	0	0	0

N° 4. Manteaux

5,634	0,841	0,183	Fe	2,66	17,83	81,96
—	—	—	Mn	0,05	0,29	1,80
—	—	—	Cu	—	trace	—

N° 5. Branchies

2,096	0,275	0,075	Fe	0,95	7,27	26,66
—	—	—	Mn	1,43	10,90	40,00
—	—	—	Cu	0	0	0

N° 6. Siphon

5,253	0,926	0,156	Fe	4,75	26,99	160,25
—	—	—	Mn	0,11	0,64	3,84
—	—	—	Cu	—	0	0

N° 7. Muscles

6,244	1,544	0,150	Fe	0,70	3,24	33,33
—	—	—	Mn	0,17	0,71	7,33
—	—	—	Cu	0	0	0

N° 8. Liquide coelomique

60 cc.	3,465	2,832	Fe	par cc.	1,66	3,53
—	—	—	Mn	0,19	0,17	0,21
—	—	—	Cu	0,10	0	0

MACTRE

Mactra corollina.

Etude de trois individus entiers :

Poids de la coquille :

2 gr. 10

N° 1.

2,981	0,418	0,122	Fe	5,03	35,88	49,18
—	—	—	Mn	0,20	1,43	4,91
—	—	—	Cu	0	0	0

N° 2.	2 gr. 50	5,327	0,486	0,237	Fe Mn Cu	1,87 0,44 0	20,57 1,23 0	42,19 2,53 0
N° 3.	6 gr.	10,220	0,975	0,544	Fe Mn Cu	0,48 0,09 0,18	4,12 1,02 2,04	9,24 4,84 3,68
DONACE								
<i>Donax troncchulus</i> Lin.								
1 ^{re} SÉRIE. — Chaque dosage est fait sur un seul individu :								
N° 1.	Coquille 4 gr. 80.....	4,765	0,197	0,075	Fe Mn Cu	1,13 0,28 0	10,15 2,53 0	26,66 6,66 0
N° 2.	Coquille 4 gr. 80.....	4,569	0,162	0,079	Fe Mn Cu	1,27 0,31 0	12,34 3,08 0	25,31 6,32 0
N° 3.	Coquille 4 gr. 50.....	4,530	0,172	0,063	Fe Mn Cu	1,30 0,32 0	11,62 2,90 0	31,74 7,93 0
N° 4.	Coquille 4 gr. 20.....	4,436	0,167	0,069	Fe Mn Cu	1,39 0,34 0	11,97 2,99 0	28,29 7,24 0
2 ^e SÉRIE. — Chaque dosage est fait sur 4 individus :								
N° 1.	.....	8,430	0,903	0,470	Fe Mn Cu	1,18 0,23 0,47	11,08 2,21 4,42	24,27 4,25 8,47

N° 2.	7,530	0,840	0,363	Fe Mn Cu	1,46 0,26 0,53	13,09 2,38 4,76	30,30 5,50 10,19
N° 3.	7,186	0,824	0,393	Fe Mn Cu	1,39 0,27 0,95	12,13 2,42 4,85	25,44 5,08 10,17
Etude de divers organes de 12 individus :							
N° 1. Foies	0,900	0,198	0,046	Fe Mn Cu	11,41 0,77 2,22	50,50 3,53 10,10	217,39 15,21 43,47
N° 2. Manteaux	3,139	0,545	0,136	Fe Mn Cu	4,77 1,11 0	27,52 6,42 0	110,29 25,73 0
N° 3. Branchies	1,367	0,229	0,079	Fe Mn Cu	1,46 0,14 0	8,73 0,87 0	25,31 2,53 0
N° 4. Siphons	2,341	0,515	0,069	Fe Mn Cu	2,13 0,42	9,70 trace 1,91	72,49 14,49
N° 5. Liquide coelomique	9,706	0,411	0,331	Fe Mn Cu	0,10 0,10 0	2,43 0,24 0	3,02 3,21 0

N° 6. Muscles 1,416

Fe	0,036	0,89	4,56	27,77
Mn		0,35	1,82	14,11
Cu		0	0	0

N° 7. Résidu des 12 individus 3,207

Fe	0,184	4,61	27,52	84,52
Mn		0,21	1,28	3,80
Cu		0	0	0

SCROBICULAIRE

Scrobicularia piperata Gmel.

Etude de trois individus entiers.

Poids de la coquille :

N° 1. 3 gr.

Fe	0,160	6,58	48,38	93,75
Mn		0,50	3,22	6,25
Cu		0	0	0

N° 2. 3 gr. 20

Fe	0,163	6,60	48,07	92,02
Mn		0,44	3,20	6,13
Cu		0	0	0

N° 3. 3 gr. 60

Fe	0,268	5,08	43,63	93,28
Mn		0,30	2,62	9,32
Cu		0,20	1,74	7,73

PRAIRE

Venus verrucosa Lin.

N° 1. Un individu entier 3,564

Fe	0,127	9,82	48,61	275,59
Mn		0,52	1,25	7,08
Cu		0,84	4,06	23,62

N ^o 2.	—	.....	4,275	0,783	0,452	Fe Mn Cu	8,48 0,58 0,93	44,69 3,19 5,10	228,75 16,33 26,14
N ^o 3.	—	.....	4,499	0,848	0,455	Fe Mn Cu	8,04 0,20 0,88	47,16 1,06 4,71	258,06 5,80 25,80
N ^o 4.	—	.....	4,781	0,946	0,474	Fe Mn Cu	8,36 0,23 0,85	42,28 1,16 4,22	229,88 7,48 22,98
Divers organes de huit individus :									
N ^o 1. Glandes précordiales	.....	.....	4,294	0,233	0,057	Fe Mn Cu	7,72 0,46 4,63	42,91 2,57 25,75	169,09 10,52 105,26
N ^o 2. Foie	.....	.....	2,647	1,144	0,677	Fe Mn Cu	9,44 0,37 0,75	21,85 0,87 1,74	36,92 1,47 29,54
N ^o 3. Oragnes génitiaux	.....	.....	2,847	0,725	0,093	Fe Mn Cu	5,26 0,17 0,35	20,68 0,68 1,37	161,29 5,38 10,75
N ^o 4. Manteaux	.....	.....	4,263	0,761	0,477	Fe Mn Cu	4,68 0,35 0,23	26,28 1,97 1,31	112,99 8,47 5,64

N° 5. Branchies 1,515 0,260 0,072 Fe 3,30 19,23 69,44
Mn 0,39 2,30 8,21
Cu trace

N° 6. Pieds avec l'enveloppe muscu- 4,760 1,201 0,148 Fe 1,05 4,16 27,02
laire du foie 0,21 0,83 6,75
Cu 0,42 1,66 13,51

N° 7. Muscles 2,579 0,548 0,079 Fe 0,77 3,64 25,29
Mn 0,23 1,09 8,46
Cu trace

CLAMES

Venus mercenaria.

N° 1. Un individu entier 3,620 0,543 0,102 Fe 0,55 3,68 19,60
Mn 0,27 1,28 6,86
Cu 0,85 5,52 29,41

N° 2. — 3,920 0,549 0,105 Fe 0,51 3,64 19,04
Mn 0,17 1,27 6,66
Cu 0,76 5,45 28,57

N° 3. — 4,492 0,560 0,125 Fe 0,44 3,57 16,00
Mn 0,15 1,25 5,60
Cu 0,89 7,14 32,00

N° 4. — 4,759 0,579 0,169 Fe 2,10 17,27 59,17
Mn 0,46 3,80 13,01
Cu 0,84 6,90 23,66

Divers organes de deux individus :

N° 1. Foie	0,423	0,083	0,046	Fe Mn Cu	4,72 3,07 2,36	24,09 45,66 12,45	125,00 81,25 60,25
N° 2. Manteaux	1,906	0,277	0,069	Fe Mn Cu	5,24 0,26 1,04	36,10 1,80 7,22	144,92 7,24 29,00
N° 3. Branchies	0,802	0,112	0,026	Fe Mn Cu	2,49	17,85 trace trace	76,92
N° 4. Résidu des deux individus	3,335	0,643	0,109	Fe Mn Cu	4,49 0,29 0,59	23,30 1,55 3,41	137,60 9,17 18,34

— 93 —

Venus verrucosa.

N° 1. Un individu entier	6,739	1,725	0,017	Mn trouvé en milligr.	0,25	0,98	
—	6,487	1,464	0,014		0,22	0,96	
N° 2. Glandes précordiales de 7 individus	0,918	0,055	0,025		11,467	45,45	
Glandes précordiales de 4 individus	0,141	0,039	0,012		8,51	30,77	
N° 3. Organes génitaux de 5 individus.	2,622	0,512	0,010		0,38	1,9	
Organes génitaux de 3 individus .	1,548	0,324	0,004		0,26	1,26	

N° 4. Foie de 4 individus	1,297	0,314	0,003	0,23	0,95
—	0,947	0,276	0,002	0,21	0,72
N° 5. Manteaux de 4 individus	3,869	0,670	0,049	0,49	2,83
N° 6. Branchies de 4 individus	1,513	0,287	0,004	0,26	1,39
N° 7. Pied de 3 individus	1,847	0,543	0,003	0,16	1,85
N° 8. Liquide cœlomique	24,960	0,891	0,043	1,72	4,82

CLOVISSE

Tapes decusatus Lin.

N° 1. Un individu entier	5,253	0,922	0,146	Fe Mn Cu	4,75 0,07 0,38	27,11 0,43 2,16	171,23 2,73 13,69
N° 2. —	5,695	0,992	0,146	Fe Mn Cu	4,38 0,07 0,35	25,20 0,40 2,01	171,23 2,73 13,69
N° 3. —	6,407	0,974	0,156	Fe Mn Cu	4,09 0,24 0,32	25,66 1,54 2,05	160,25 9,61 12,82
N° 4. —	6,971	1,235	0,235	Fe Mn Cu	4,30 0,22 0,43	24,29 1,29 2,42	127,65 6,80 12,76

Divers organes de deux individus :

N ^o 1. Foie	0,966	0,199	0,027	Fe Mn Cu	10,46 0,44 2,07	50,25 2,04 40,05	370,37 14,84 74,07
N ^o 2. Organes génitaux	4,421	0,242	0,034	Fe Mn Cu	8,92 0,08 2,67	44,32 0,41 42,39	322,58 3,22 96,77
N ^o 3. Mantéaux	4,787	0,298	0,051	Fe Mn Cu	2,79 0,46 0,55	16,77 1,00 3,35	98,03 5,88 49,60
N ^o 4. Branchies	4,283	0,196	0,049	Fe Mn Cu	4,55 0,07 0,77	10,25 0,54 5,15	40,81 2,04 20,40

Tapes aureus Lam.

N ^o 1. Trois individus entiers	2,603	0,378	0,082	Fe Mn Cu	11,52 0,42 0,38	79,65 2,91 2,64	565,85 43,41 12,19
N ^o 2. Trois individus entiers	1,861	0,306	0,075	Fe Mn Cu	10,74 0,53 0,27	65,35 3,26 1,63	266,66 13,33 6,66

ARTEMIS EXOLETE

Dosinia exoleta Lin.

N° 1.	Un individu entier	2,478	0,482	0,102	Fe Mn Cu	20,17 0,68 0,80	103,73 35,26 4,44	490,19 166,66 19,60
N° 2.	—	2,986	0,595	0,119	Fe Mn Cu	16,74 6,69 0,66	84,03 33,61 3,36	420,16 168,06 16,80
N° 3.	—	3,250	0,681	0,123	Fe Mn Cu	18,46 6,76 0,91	88,10 32,30 4,40	487,80 178,86 24,39
N° 4.	—	3,603	0,739	0,146	Fe Mn Cu	16,65 6,93 0,83	81,19 33,82 4,05	440,90 171,23 20,54

CYTHÉRÉE FAUVE

Cytherea chione Lam.

Etudes de deux individus :

N° 1.	Individu entier : 80 gr. 50	16,880	3,662	0,626	Fe Mn Cu	2,19 2,07 0,17	10,10 9,55 0,81	59,40 52,87 4,79
	Coquille : 48 gr.	—	—	—	—	—	—	—
N° 2.	Individu entier : 63 gr.	16,287	3,472	0,619	Fe Mn Cu	1,53 1,35 0,18	7,20 6,33 0,86	40,38 35,54 4,84
	Coquille : 36 gr.	—	—	—	—	—	—	—

Etude de divers organes d'un individu de
180 gr. dont la coquille pèse 98 gr. :

N° 1. Reins et glandes pricordiales	0,836	0,227	0,088	Fe Mn Cu	11,96 33,49 1,19	44,05 123,36 4,40	113,63 318,18 11,36
N° 2. Organes génitaux	2,199	0,554	0,057	Fe Mn Cu	4,71 0,50 0	18,05 1,80 0	175,43 19,29 0
N° 3. Foie'	1,329	0,462	0,029	Fe Mn Cu	11,28 23,32 0	32,46 67,09 0	517,24 1068,90 0
N° 4. Siphon	3,740	0,860	0,096	Fe Mn Cu	2,67 0,29 0	16,27 1,27 0	104,16 15,94 0
N° 5. Manteaux	4,295	0,862	0,175	Fe Mn Cu	4,68 5,13 0,23	23,20 25,52 1,16	114,28 125,71 5,71
N° 6. Branchies	2,222	0,499	0,083	Fe Mn Cu	6,75 0,49	30,06 2,20 trace	180,72 13,25
N° 7. Muscles	5,328	1,483	0,153	Fe Mn Cu	0,93 0,05 0	3,37 0,20 0	32,67 1,96 0

N ^o 8. Liquide cœlomique	44 cc.	2,364	1,636	Fe Mn Cu	0,02 0,03 —	0,42 0,63 trace	0,61 0,92 —
N ^o 9. Concrétions périmusculaires	0,930	0,646	0,626	Fe Mn Cu	53,76 429,03 0	77,39 185,75 0	79,87 191,69 0
Etude de divers organes de deux individus :							
N ^o 1. Foies.....	1,169	0,335	0,033	Fe Mn Cu	4,27 0,34 0	14,49 1,15 0	65,15 12,12 0
N ^o 2. Organes génitaux	3,258	0,477	0,069	Fe Mn Cu	3,06 0,49 0	20,12 3,35 0	144,92 23,18 0
N ^o 3. Manteaux	4,646	2,768	0,183	Fe Mn Cu	2,15 0,15 0	3,61 0,25 0	54,64 3,81 0
N ^o 4. Branchies	1,816	0,278	0,061	Fe Mn Cu	2,75 0,33 0	17,98 2,15 0	81,96 9,82 0
N ^o 5. Siphons	3,000	0,585	0,082	Fe Mn Cu	6,66 0,73 0	34,18 3,76 0	243,90 26,82 0

N° 6. Pieds

4,640	1,085	0,421	Fe	2,45	9,21	82,64
			Mn	0,15	0,64	5,78
			Cu	0	0	0

N° 7. Le résidu de l'individu pesant
80 gr.

5,941	4,569	0,460	Fe	4,20	15,93	54,34
			Mn	7,54	28,68	97,82
			Cu	0,16	0,63	2,17

N° 8. Le résidu de l'individu pesant
59 gr.

5,101	4,164	0,280	Fe	4,90	21,47	89,28
			Mn	6,86	30,06	125,00
			Cu	0,19	0,85	3,57

COQUE

Cardium edule Lin.

Etude des variations physiologiques chez
quatre individus entiers :

N° 1.

2,310	0,320	0,085	Fe	2,16	15,62	58,82
			Mn	0,34	2,50	9,41
			Cu	1,29	9,37	35,29

N° 2.

2,289	0,314	0,066	Fe	2,18	15,92	75,75
			Mn	0,39	2,86	13,63
			Cu	1,31	9,55	45,45

N° 3.

2,402	0,304	0,064	Fe	2,37	16,44	78,12
			Mn	0,30	2,63	12,50
			Cu	1,18	8,22	39,06

N° 4.	2,051	0,300	0,065	Fe Mn Cu	2,43 0,39 1,21	16,66 2,66 8,33	76,92 12,30 38,46
------------	-------	-------	-------	----------------	----------------------	-----------------------	-------------------------

Divers organes de dix individus :

N° 1. Foies	1,147	0,211	0,070	Fe Mn Cu	8,71 0,78 1,74	47,39 4,26 9,52	142,85 12,85 28,57
-------------------	-------	-------	-------	----------------	----------------------	-----------------------	--------------------------

N° 2. Organes génitaux	2,366	0,482	0,066	Fe Mn Cu	4,22 0,21 0	20,74 1,03 0	151,51 7,69 0
------------------------------	-------	-------	-------	----------------	-------------------	--------------------	---------------------

N° 3. Manteaux	1,905	0,317	0,122	Fe Mn Cu	2,62 0,52 0,52	15,77 3,15 3,15	40,98 8,19 8,19
----------------------	-------	-------	-------	----------------	----------------------	-----------------------	-----------------------

N° 4. Pieds avec l'enveloppe musculaire du foie	2,899	0,701	0,079	Fe Mn Cu	1,72 0,13 0	7,13 0,57 0	63,29 5,06 0
---	-------	-------	-------	----------------	-------------------	-------------------	--------------------

N° 5. Branchies	1,147	0,211	0,070	Fe Mn Cu	1,74 0,17 0	9,95 0,94 0	28,57 2,85 0
-----------------------	-------	-------	-------	----------------	-------------------	-------------------	--------------------

N° 6. Muscles	1,429	0,235	0,051	Fe Mn Cu	1,39 0,13 0	8,51 0,85 0	39,21 3,92 0
---------------------	-------	-------	-------	----------------	-------------------	-------------------	--------------------

Cardium norvegicum Splengler.

Un individu entier pesant 66 gr. :

N° 1. Foie	1,582	0,470	0,090	Fe Mn Cu	48,96 0,18 1,26	63,83 0,63 4,25	333,33 3,33 22,22
N° 2. Manteau	2,458	0,357	0,064	Fe Mn Cu	4,63 0,09 0,46	28,01 0,56 2,80	156,25 3,42 15,60
N° 3. Branchies	2,317	0,218	0,050	Fe Mn Cu	2,15 0,08 0,43	22,93 0,91 4,58	100,00 4,00 20,00
N° 4. Le résidu de l'individu	14,070	3,454	0,322	Fe Mn Cu	1,42 0,01 0,28	5,79 0,05 1,15	62,11 0,62 12,42

MYE

Mya arenaria Lin.

Etude de trois individus entiers :

Longueur :

N° 1. 6 cm. 5	6,905	1 116	0 257	Fe Mn Cu	21,72 0,10	134,40 0,60 trace	583,20 2,72
N° 2. 7 cm.	10,353	4,503	0,429	Fe Mn Cu	19,30 0,07	133,00 0,53 trace	366,20 1,86

N° 3.	9 cm.	19,207	3,134	0,889	Fe Mn Cu	14,05 0,08 0,10	86,15 0,51 0,63	303,71 1,79 2,24
-------	-------	--------	-------	-------	----------------	-----------------------	-----------------------	------------------------

Etude des variations de la teneur en
métaux dans le foie d'individus de
différente taille :

N° 1.	Foie entier	0,495	0,093	0,019	Fe Mn Cu	10,40 0,80 0	53,76 4,30 0	263,15 21,05 0
N° 2.	—	4,019	0,326	0,022	Fe Mn Cu	9,81 0,58 0	30,67 1,84 0	454,54 27,26 0
N° 3.	—	4,347	0,396	0,038	Fe Mn Cu	11,13 0,29 0	37,87 1,01 0	394,73 40,52 0
N° 4.	—	2,095	0,670	0,090	Fe Mn Cu	7,15 0,18	22,38 0,59 trace	166,66 4,44
N° 5.	—	2,190	0,565	0,102	Fe Mn Cu	4,56 0,13 0	17,69 0,53 0	98,03 1,94 0
N° 6.	—	2,220	0,625	0,060	Fe Mn Cu	4,50 0,13 0	16,00 0,48 0	166,66 5,00 0

N° 7.	—	.....	2,551	0,719	0,094	Fe Mn Cu	7,84 0,41 0	27,81 0,41 0	212,76 3,49 0
N° 8.	—	.....	2,544	0,656	0,075	Fe Mn Cu	7,87 0,41 0	30,48 0,60 0	266,66 5,33 0
N° 9.	—	.....	2,926	0,906	0,420	Fe Mn Cu	8,60 0,30 0	27,59 0,99 0	208,33 7,50 0
Etude des variations de la teneur en métaux dans les organes génitaux d'individus de différente taille :									
N° 1.	Organes génitaux d'un individu..								
N° 2.	—	—	3,219	0,822	0,419	Fe Mn Cu	4,43 0,28 0	28,81 2,01 0	136,98 9,58 0
N° 3.	—	—	3,522	0,958	0,085	Fe Mn Cu	3,43 0,83 0	12,46 3,28 0	84,03 22,68 0
N° 4.	—	—	3,622	0,966	0,105	Fe Mn Cu	2,83 0,45 0	10,43 1,67 0	117,60 18,82 0
						Fe Mn Cu	2,76 0,46 0,24	10,35 1,75 1,03	95,23 16,19 9,52

N° 5.	—	4,595	1,343	0,170	Fe Mn Cu	4,00 0,10 0	3,72 9,37 0	29,41 2,94 0
N° 6.	—	4,962	1,288	0,190	Fe Mn Cu	4,00 0,10 0	3,88 0,38 0	26,31 2,63 0
N° 7.	—	4,966	1,192	0,190	Fe Mn Cu	4,00 0,50 0	4,19 2,09 0	26,31 13,15 0
N° 8.	—	6,188	2,089	0,190	Fe Mn Cu	0,80 0,06 0	2,39 0,19 0	26,31 2,05 0
N° 9.	—	9,189	2,765	0,287	Fe Mn Cu	4,63 0,03 0	5,42 0,10 0	52,26 1,04 0
Etude de divers organes :								
N° 1.	Foie d'un seul individu	2,685	0,568	0,100	Fe Mn Cu	9,31 0,18 0,37	44,01 0,88 1,76	250,00 5,00 10,00
N° 2.	Reins et glandes précordiales de six individus	0,807	0,115	0,020	Fe Mn Cu	6,19 0,24 0	43,47 1,73 0	250,00 10,00 0
N° 3.	Organes génitaux d'un individu..	6,300	1,339	0,157	Fe Mn Cu	3,96 0,55 0	18,67 2,61 0	159,23 20,00 0

N° 4. Manteaux de deux individus	8,661	2,016	0,356	Fe Mn Cu	5,77 0,23 0	24,80 1,73 0	140,44 5,61 0
N° 5. Siphon entier d'un seul individu .	16,637	3,897	0,578	Fe Mn Cu	9,01 0,16 0	38,49 0,69 0	259,51 4,67 0
N° 6. Branchies de quatre individus ...	6,593	0,938	0,201	Fe Mn Cu	5,61 0,09 0,01	37,31 0,63 0,10	184,07 1,98 4,97
N° 7. Muscles et tendons de six individus	9,661	2,572	0,219	Fe Mn Cu	1,55 0,03 0	5,83 0,11 0	68,49 4,36 0
N° 8. Liquide coelomique	38,810	2,035	2,020	Fe Mn Cu	0,38 0,01	7,37 0,24 trace	7,42 0,24

LUTRAIRE

Lutaria elliptica Lam

Longueur

N° 1. 4 cm.	4,700	0,281	0,100	Fe Mn Cu	8,82 0,58 0	53,38 2,59 0	150,00 10,00 0
N° 2. 5 cc. 10	3,822	0,700	0,280	Fe Mn Cu	6,54 0,47 0,25	35,71 2,57 1,42	89,28 6,42 3,57

Etude de divers organes de trois jeunes
lutrains :

N° 1. Foie	0,550	0,414	0,021	Fe Mn Cu	3,63 3,27 0	47,54 15,78 0	95,23 85,71 0
N° 2. Manteaux	1,852	0,197	0,092	Fe Mn Cu	5,30 0,59 0	50,76 5,58 0	108,60 11,96 0
N° 3. Branchies	0,748	0,104	0,041	Fe Mn Cu	5,34 1,33 0	38,46 9,61 0	97,56 24,39 0
N° 4. Siphon	4,090	0,688	0,132	Fe Mn Cu	2,44 0,39 0	14,53 2,32 0	75,75 12,12 0
N° 5. Le résidu des trois individus	1,082	0,155	0,054	Fe Mn Cu	4,62 1,01 0	32,25 7,09 0	92,59 20,37 0

SOLEN

Solen siliqua Lin.

Etude de quatre individus entiers :

N° 1. Un individu entier	12,895	3,215	0,460	Fe Mn Cu	6,98 0,07 0,19	27,99 0,31 0,77	195,65 2,17 5,43
--------------------------------	--------	-------	-------	----------------	----------------------	-----------------------	------------------------

N ^o 2.	—	.....	14,790	3,330	0,558	Fe Mn Cu	10,10 0,07 0,16	45,04 0,33 0,75	268,81 2,00 4,48
N ^o 3.	—	.....	18,502	3,338	0,580	Fe Mn Cu	5,94 0,04 0,11	32,95 0,23 0,55	189,65 1,37 3,44
N ^o 4.	—	.....	18,595	3,660	0,577	Fe Mn Cu	5,37 0,03 0,10	27,32 0,16 0,54	173,31 1,04 3,46
Etude de divers organes :									
N ^o 1.	Organes génitaux de 7 individus .		1,108	0,245	0,035	Fe Mn Cu	9,02 0,63 0	40,81 2,85 0	285,71 20,00 0
N ^o 2.	Reins de 9 individus		0,477	0,072	0,020	Fe Mn Cu	20,95 0,41 0	138,88 2,77 0	500,00 10,00 0
N ^o 3.	Manteaux de 5 individus		7,920	1,932	0,220	Fe Mn Cu	10,10 0,05 0,25	44,40 0,20 1,03	363,63 1,81 9,09
N ^o 4.	Branchies de 7 individus		5,920	1,415	0,201	Fe Mn Cu	3,37 0,08 0	17,39 0,44 0	99,50 2,48 0

N° 5. Liquide coelemique

54,433	2,711	2,471	Fe	0,73	14,75	16,18
			Mn	0,00	0,11	0,12
			Cu	0,03	0,73	0,80

Etude des variations individuelles du
foie. Chaque dosage est fait sur
deux foies :

N° 1. Deux foies

1,356	0,270	0,040	Fe	11,06	55,55	375,00
			Mn	0,14	0,74	5,00
			Cu	0,73	3,70	25,00

N° 2.

1,151	0,256	0,052	Fe	8,60	39,06	192,30
			Mn	0,17	0,78	3,84
			Cu	0,86	3,90	19,23

N° 3.

1,150	0,227	0,037	Fe	13,04	66,07	405,40
			Mn	0,17	0,88	5,40
			Cu	0,87	4,40	27,02

N° 4.

1,097	0,232	0,032	Fe	9,11	43,10	231,50
			Cu	0,18	0,86	6,25
			Mn	0,91	4,32	31,25

Etude du Zinc chez les Mollusques
(Tableaux)

A. — La Teneur en ZINC chez les CÉPHALOPODES

	Prise d'essai en grammes à l'état de :			Zn trouvé en milligrammes	Teneur pour 100 grammes de :		
	Matière fraîche	Matière sèche	Cendres		Matière fraîche	Matière sèche	Cendres
POULPE							
(Octopus vulgaris Lam.)							
Foie	22,298	7,697	0,275	1,188	5,32	14,43	43,20
CALMAR COMMUN							
(Loligo vulgaris Lam.)							
Quatre individus entiers de 10 cm. long.	30,551	7,386	1,085	0,866	2,83	11,72	79,81
(Sepia officinalis Lin.)							
18 œufs entiers.....	45,615	3,324	1,904	2,901	6,36	77,27	152,36
Foie entier	30,383	12,064	1,263	2,11	6,96	17,53	167,53
Individu entier.....					1,3	7,7	
(d'après G. Bertrand et Vladesco).							

— 110 —

B. — La Teneur en ZINC chez les GASTEROPODES

I. ASPIDOBANCHES

PATELLE							
(Patella vulgata Linn.)							
Quatre individus entiers	36,222	8,830	1,726	1,41	3,89	15,96	81,69
OREILLE DE MER ou SILIEUX							
(Haliotis tuberculata Linn.)							
Un individu entier.....	38,295	7,540	1,225	1,51	3,94	20,04	144,72
Un individu entier.....	22,465	4,765	0,822	1,25	5,56	26,21	151,94
Deux individus entiers	11,190	1,801	0,476	0,66	5,94	26,92	139,70

TROQUE

(<i>Trochus crassus</i> Linn.)									
Dix individus entiers	5,236	1,271	0,306	0,34	6,53	26,90	111,76		
(<i>Trochus ombilicalis</i> Linn.)									
Douze individus entiers	4,932	1,113	0,284	0,20	4,07	18,05	70,77		

II. PECTINIBRANCHES

VIGNOT

(<i>Littorina littorea</i> Linn.)									
Six individus entiers	9,861	2,734	0,536	0,68	4,94	25,05	127,70		
(<i>Littorina obtusata</i> Linn.)									
Vingt individus entiers	4,650	1,042	0,260	0,26	5,63	25,14	100,76		

RAN

<i>Buccinum undatum</i> Linn.									
Deux individus entiers	17,813	5,527	0,598	0,89	4,97	16,03	148,16		

ROCHER FASCIÉ

(<i>Murex trunculus</i> Linn.)									
Six individus entiers	2,835	1,080	0,26	0,45	5,32	13,98	58,07		

POURPRE A TEINTURE

(<i>Purpura lapillis</i> Lam.)									
Dix individus entiers	6,172	1,759	0,327	0,28	4,56	16,03	86,23		

III. PULMONÉS

ESCARGOT DE BOURGOGNE

(<i>Helix pomatia</i> Linn.)									
Quatre individus entiers	29,866	8,080	1,916	0,50	1,68	6,23	26,30		

PETIT GRIS

(<i>Helix aspersa</i> Müll.)									
Neuf individus entiers	30,952	5,609	0,802	0,54	1,75	9,69	67,38		

MOURGUETTE
(*Helix pisana* Müll.)

2¼ individus entiers 19,478 3,491 0,676 0,18 0,93 5,18 26,77

ARION JAUNE
(*Arion flavus* Müll.)

Deux individus entiers 18,062 3,671 0,997 1,20 1,10 5,45 20,06

C. — Teneur en ZINC chez les LAMELLIBRANCHES

I. FILIBRANCHES

PÉTONCLE LARGE
(*Pectonculus glyceris* Lam.)

Quatre individus 18,921 4,229 1,865 0,48 2,55 11,42 25,89

MOULE

(*Mytilus edulis* Linn.)

Quatre individus 26,337 4,685 0,750 1,08 4,13 23,22 114,87

PEIGNE SAINT JACQUES

(*Pecten Jacobeus* Lin.)

Un individu entier 88,406 13,896 2,806 2,70 3,05 19,43 96,22
Un individu entier 103,676 19,076 3,630 2,42 2,33 12,67 66,61

(*Pecten Maximus* Lin.)

Un individu entier 60,80 9,650 2,890 1,39 2,28 14,40 48,09
Deux individus jeunes 27,75 3,528 0,951 2,62 9,43 74,03 275,39

(*Pecten varius* Lin.)

Deux individus jeunes 8,132 1,348 0,385 0,42 5,20 31,38 109,87

II. EULAMELLIBRANCHES

HUITRE PORTUGAISE

(*Gryphea angulata* Lam.)

Quatre individus 34,441 5,366 1,328 20,55 59,66 382,96 1486,95

HUITRE COMESTIBLE

(*Ostrea edulis* Lin.)

Deux individus	18,636	4,092	0,700	6,45	34,61	157,62	921,43
Deux individus	15,494	3,156	0,663	4,23	27,30	134,03	638,01

TELLINE RAYONNANTE

(*Tellina crassa* Penn.)

Trois individus	10,836	1,348	0,791	0,86	7,99	64,24	109,48
-----------------------	--------	-------	-------	------	------	-------	--------

TELLINE MINCE

(*Tellina tenuis* Dacosta)

Trois individus	2,836	0,815	0,140	0,30	10,57	36,91	214,28
-----------------------	-------	-------	-------	------	-------	-------	--------

MACTRE FAUVE

(*Macra helvecea* Chemn.)

Un individu	45,813	9,841	2,938	2,84	6,20	28,86	96,69
-------------------	--------	-------	-------	------	------	-------	-------

MACTRE

(*Macra corollina*.)

Trois individus	18,475	1,879	0,900	0,96	5,23	51,46	107,44
-----------------------	--------	-------	-------	------	------	-------	--------

DONACE

(*Donax trunculus* Lin.)

Seize individus	30,562	3,265	1,514	3,28	10,74	100,58	216,90
-----------------------	--------	-------	-------	------	-------	--------	--------

LAVIGNON

(*Scrobicularia piperata* Gmel.)

Trois individus	9,174	1,194	0,591	0,48	5,26	40,45	81,72
-----------------------	-------	-------	-------	------	------	-------	-------

PRAIRE

(*Venus verrucosa* Lin.)

Quatre individus	17,119	3,293	0,609	0,80	4,70	24,47	132,34
------------------------	--------	-------	-------	------	------	-------	--------

CLAM

(*Venus mercenaria*.)

Quatre individus	16,491	2,227	0,501	0,74	4,51	33,45	148,70
------------------------	--------	-------	-------	------	------	-------	--------

CLOVISSE

(*Tapes decussatus* Lin.)

Quatre individus 24,026 4,123 0,683 1,05 4,35 25,39 153,29

(*Tapes aureus* Lam.)

Six individus 4,464 0,684 0,157 0,20 4,50 29,38 128,02

ARTEMIS EXOLÈTE

(*Dosinia exoleta* Lin.)

Quatre individus 12,317 2,497 0,490 0,58 4,74 23,38 119,18

CYTHÉRÉE FAUVE

(*Cytherea chione* Lam.)

Trois individus 62,910 16,649 4,323 3,08 4,90 18,51 71,31

COQUE ou BUCARDE

(*Cardium edule* Lin.)

Quatre individus 8,852 1,238 0,530 0,40 4,55 32,55 76,03

BUCARDE DE NORVÈGE

(*Cardium norvegicum* Spengler.)

Un individu 17,850 4,281 0,486 0,68 3,83 16,00 140,94

MYE

(*Mya arenaria* Lin.)

Un individu 19,207 3,134 0,889 0,38 1,99 12,20 43,80
 Deux individus jeunes 17,258 2,619 0,686 1,00 5,83 38,45 146,79
 Foie (de 4 individus) 9,514 2,565 0,331 0,70 7,41 27,48 212,99
 Organes génitaux (de 4 individus) 17,741 4,545 0,671 0,74 4,20 16,39 111,19

LUTRAIRE

(*Lutreria elliptica* Lam.)

Cinq individus jeunes de 5 cm. de long. 13,844 2,239 0,720 1,31 9,46 58,50 181,94

III. — Etude du zinc chez les mollusques (tableaux).

A. — Teneur en zinc chez les Céphalopodes (tableaux).

B. — Teneur en zinc chez les Gastéropodes (tableaux).

C. — Teneur en zinc chez les Lamellibranches (tableaux).

IV. — Conclusions et interprétations des résultats.

Presque tout notre matériel a été ramassé sur les côtes de Bretagne. Certains bivalves comme les moules, les huîtres, les praires, les coques, etc., ont été achetés sur le marché parisien.

Les deux arions ont été recueillis dans la forêt de Viroflay.

Seul, le jambonneau, *Pinna rudis* a été dragué aux environs de la station maritime de Banuyls-sur-Mer.

En tout, nous avons étudié 43 espèces de mollusques.

Nous allons donner un résumé de nos résultats en groupant les trois métaux Fe, Mn, Cu pour chaque groupe (Céphalopodes, Gastéropodes, Lamellibranches) en réservant le zinc que nous étudierons dans l'ensemble de ces animaux. Enfin nous donnerons quelques indications concernant le rôle du fer dans le foie.

1^o LE FER, LE MANGANÈSE, LE CUIVRE CHEZ LES CÉPHALOPODES.

Parmi les céphalopodes nous avons étudié la poulpe, le calmar et la seiche. Nous avons étudié aussi la variation physiologique de ces métaux dans les foies prélevés sur des seiches de différentes tailles (102 à 850 grammes).

Afin de voir si ces métaux se transmettent d'une génération à l'autre, comme dans le cas des moules d'eau douce, nous avons dosé ces métaux dans des œufs entiers de seiche et dans les différentes parties de l'œuf.

Les reins sont pauvres en manganèse (0,11 %) mais assez riches en fer (2,06 %) et en cuivre (2,89 %).

Parmi les tissus, le foie est très riche en fer et surtout en cuivre.

Dans le foie de poulpe, la teneur en fer varie entre 3 mgr. 55 et 13 mgr. 22 pour 100 grammes de matière fraîche, tandis que la proportion de cuivre (14 mgr. pour 100 de matière fraîche) reste presque constante.

Dans les foies prélevés sur des seiches de différentes tailles, on trouve que la teneur élevée en cuivre (40 mgr. 86 %) varie peu et que la proportion de manganèse et de fer augmente avec l'âge de l'individu.

Poids de la seiche	Poids du foie	Fe	Mn en mgrs
102 gr. ♂	3 gr. 46	2,89	0,11 % de matière fraîche
850 gr. ♂	25 gr. 50	8,69	0,25 % —

Les œufs de seiches sont relativement pauvres en métaux. Le fer et le manganèse se localisent surtout dans la coque.

La partie terminale du bras de Poulpe contient 11 mgr. 36 de fer pour 100 grammes de tissu frais.

La teneur en ces différents métaux est peu élevée et reste presque constante chez des calmars de même taille.

La proportion de manganèse est petite et on trouve 0 mgr. 05 % chez le calmar, 0 mgr. 11 % dans le foie de la seiche et 0 mgr. 51 % dans celui de très petites seiches.

2° LE FER, LE MANGANÈSE, LE CUIVRE ET LES GASTÉROPODES.

Chez les gastéropodes, la teneur en fer varie entre 1 mgr. 65 (Escargot de Bourgogne) et 34 mgr. 07 (Patelle) pour 108 grammes de matière fraîche.

La Pourpre, les Troques, les Murex et les Vignots sont parmi les plus riches en fer.

Parmi les différents organes, le foie et les organes génitaux contiennent plus de fer que tous les autres tissus.

Le muscle de l'Escargot contient 0,21 % de fer tandis que le foie de Patelle en contient 52,15 % de matière fraîche.

Dans un cas on trouve 159 mgr. 82 de fer pour 100 grammes de foie frais de Petit gris.

Dans le foie des animaux d'une même espèce la teneur en fer diminue à mesure que les animaux grandissent. Deux

Oreilles de mer (*Haliotis tuberculata*) pesant 23 grammes et 124 grammes contiennent respectivement 7,18 % et 4,91 % de foie frais.

Par suite de la teneur élevée en fer du foie jeune, la proportion de ce métal se trouve élevée aussi chez les jeunes individus.

Poids de l'individu en gr.	Fe en mgr.	
Patelle	1,190	29,41 % de matière fraîche
—	9,628	14,54 —
Petit gris	1,413	7,07 —
—	14,174	2,52 —
Escargot.....	5,918	3,37 —
—	9,198	1,63 —
Aplysie	2,600	5,76 —
—	20,038	1,74 —

Chez l'Oreille de mer, le maximum de la teneur en fer semble se trouver chez l'animal adulte.

Poids de l'individu en gr.	Fe en mgr.	
3,290	3,03	% de matière fraîche
10,707	9,33	—
19,295	3,65	—

Parmi les trois espèces d'*Helix*, les Mourguettes (*H. pisana*) sont les plus riches en fer (9,68 %).

Le jeûne n'influe pas beaucoup sur la teneur en métaux des Petits gris (5 mgr. % Fe, 0,5 % Mn ; 1,10 % Cu), toutefois les deux individus analysés après dix jours de jeûne, contiennent seulement 0,21 % de fer.

Il faut remarquer la grande quantité de ces métaux dans les excréments de Petits gris (267,09 % Fe) et de Mourguettes (140 % Fe en matière sèche).

* * *

Comme les Céphalopodes, les Gastropodes sont pauvres en manganèse. Mais le rôle catalyseur de ce métal est indéniable.

Chez la Patelle on trouve seulement 0,09 milligrammes de Mn pour 100 grammes de matière fraîche.

Les Hélix sont relativement riches en manganèse. On dose

4,16 dans l'Escargot (*H. pomatia*) et 0,30 seulement dans les Mourguettes (*H. pisana*) pour 100 grammes de tissu frais.

Parmi les organes, le foie est riche en manganèse. On trouve 5 mgr. 35 dans 100 grammes de foie frais de Petit gris.

* * *

Chez la Patelle, les troques, dans le foie d'aplysie et d'autres mollusques, le cuivre n'a pu être dosé par suite de l'insuffisance de la prise d'essai.

La pourpre à teinture, le murex, l'arion et le buccin sont riches en cuivre. On dose jusqu'à 7 mgr. 86 de cuivre dans 100 grammes de tissu frais de buccin.

On signale fréquemment des débris de buccin dans l'estomac de baleine, ils pourraient être une des sources du cuivre chez la baleine.

3° LE FER, LE MANGANÈSE, LE CUIVRE CHEZ LES LAMELLIBRANCHES MARINS.

Les Lammelibranches sont assez riches en fer et sont au contraire très pauvres en cuivre. La manganèse atteint une proportion très élevée dans les organes d'excrétion comme les reins et les glandes précordiales, et dans certaines concrétions calcaires.

Dans les individus entiers la teneur en fer varie entre 0 mgr. 44 %, chez le Clam, et 21 mgr. 72 %, chez le Mye. D'une façon générale la proportion oscille entre 2 et 3 milligrammes pour 100 grammes de matière fraîche.

Les lavignons, les huîtres, les Pectens, la Telline, les Tapes aureus (11,52 %) et Artemis exolete (20,17 %) sont parmi les plus riches en fer.

Parmi les tissus, le foie et les reins sont très riches en fer tandis que le sang et le muscle sont pauvres.

On trouve dans le foie de moule 20 mgr. 8 %, dans celui de Bucarde de Norvège 18 mgr. 96 % et dans celui de Clovisse 10 mgr. 46 % de matière fraîche.

Dans les reins de Solen on dose 20 mgr. 95 pour 100 grammes de matière fraîche.

Chez le Cythérée, la proportion atteint jusqu'à 53,96 % dans les concrétions calcaires périmusculaires ; et le liquide coelomique et le muscle n'en contiennent respectivement que 0,02 et 0,93 % de tissu frais.

Parmi les trois espèces de coquilles Saint-Jacques examinées, le *Pecten Jacoboeus* est le plus riche en métaux (6,94 % Fe ; 2,02 % Mn et 1,50 % Cu).

Comme chez les Gastropodes, les individus âgés contiennent moins de fer que les jeunes. Mais la teneur en cuivre et en manganèse ne suit que rarement cette variation.

Deux *Pecten maximus* pesant 7 gr. 6 et 123 grammes contiennent respectivement 4 mgr. 58 et 0 mgr. 57 de fer pour 100 grammes de matière fraîche.

D'après les résultats des analyses faites chez les individus (moute, clovisse, clams) à peu près de même taille, il ne semble pas qu'il y ait une grande variation physiologique dans la teneur en métaux.

Chez le Mye, la teneur en fer dans le foie ne paraît pas être influencée par l'âge, cependant les organes génitaux d'un individu jeune (4,13 %) sont manifestement plus riches que ceux d'un individu âgé (1,63 %).

L'huître comestible est plus riche en fer (5,07 %) que l'huître portugaise (2,09 %).

La teneur en fer est plus élevée chez la *Tellina tonus* 10,20 % que chez la *Tellina crassa* (4,18 %).

* * *

Parmi les lamellibranches examinés, le Cythérée (2 mgr. 07 %) et le *Pecten Jacoboeus* (2 mgr. 02 %) sont les plus riches en manganèse.

D'une façon générale la teneur en manganèse oscille entre 0,20 à 0 mg. 60 % de matière fraîche.

Le Clovisse (0,07 %), le Solen (0,07 %), le Mye (0,08 %) et le Mactre (0,09 %) contiennent très peu de manganèse.

Le foie est relativement peu riche ; sa teneur en manganèse varie entre 0,22 % (Pétoncle) et 3,16 % (*P. Jacoboeus*).

Chez le Cythérée, dans les concrétions calcaires péri-musculaires nous en dosons 185 mgr. 75 % de matière sèche.

Krukenberg (90) signale la grande richesse en manganèse du corps de Bojanus chez le *Pinna squamosa*, mais sans donner de chiffres.

Dans le corps de Bejanus, de *Pinna rudis* de la Méditerranée, nous trouvons 1.799, 1.460, 1.591 milligrammes % de matière fraîche dans trois animaux différents.

Par contre, nous dosons dans le corps de Bojanus 111 milligrammes %, chez le *Pecten maximus* de Roscoff et 29 mgr. 94 % chez le *Pecten Jacoboeus* du marché parisien.

La proportion de manganèse est assez élevée dans les glandes précordiales 1,63 % dans le *Pecten Jacoboeus*, 6,24 % dans le *Pecten maximus*, et 11,47 % dans le Clam.

Au point de vue de la teneur en manganèse, il y a peu de variation dans les différents individus et dans le foie des différents Myes.

Comme pour le fer, les organes génitaux du Mye jeune (0,28 %) sont plus riches en manganèse que ceux du Mye âgé (0,03 %).

* * *

Le cuivre est peu répandu chez les Lamellibranches. La teneur varie entre 0,10 % chez le Mye et 1,50 % chez le *Pecten Jacoboeus*.

Parmi les organes, le foie est assez riche : 1,32 % chez le Pétoncle 2,20 % chez la Donace et 2,36 % chez le Clam.

Dans le foie de certains individus et dans les organes génitaux du Mye nous n'avons pu doser le cuivre, par suite peut-être de l'insuffisance de la prise d'essai.

4° LE ZINC CHEZ LES MOLLUSQUES.

Le zinc a été dosé dans 35 espèces de mollusques. Il se trouve dans des proportions assez élevées chez tous ceux que nous avons examinés. Nous confirmons par ce fait les travaux de Delezenne, G. Bertrand et Vladesco.

La teneur en zinc varie entre 0 mgr. 93 et 50 mgr. 66 pour 100 grammes de matière fraîche.

Les œufs de seiche sont très riches en zinc (77,27 % de matière sèche).

Le foie de seiche et le foie de poulpe en contiennent respectivement 6 mgr. 96 et 5 mgr. 32 pour 100 grammes de matière fraîche.

Chez les Gastéropodes, les Pulmonées sont relativement pauvres en zinc (de 0,93 à 1,73 %); mais chez les Aspidobranches (patelle, oreille de mer, troques) et les Pectinibranches (vignot ran, rocher, foscîé, pourpre) la proportion de zinc oscille entre 3 mgr. 89 et 6 mgr. 53 pour 100 grammes de matière fraîche.

D'une façon générale les Lamellibranches sont plus riches en zinc que les Céphalopodes et les Gastéropodes.

La grande richesse en zinc des huitres a été signalée par G. Bertrand et Vladesco. Nous en trouvons chez l'huitre portugaise 59 mgr. 66 et chez l'huitre comestible, 34 mgr. 61 pour 100 grammes de matière fraîche.

Comme pour les autres métaux, les individus jeunes contiennent plus de zinc que les individus âgés.

5° RÔLE DU FER DANS LE FOIE.

Meckel (1846), Will (1848), Cl. Bernard (1853), C. Voit (1860), Bron (1862), Hoppe-Seyler (1878), L. Frédéricq (1878), Krukenberg, Barfurth (1884), Bourquelot (1885), E. Yung (1887), Biedermann et Moritz (1899), Albrecht (1920) ont tous étudié les fonctions du foie chez les Mollusques.

D'après Küster et Neucki, l'hématine se forme dans le foie.

Biedermann et Moritz, et Henze trouvent beaucoup de fer dans le foie des Céphalopodes.

Citons l'hématogène de Bunge, l'hépatine de Zaleski, la Ferrine de Dastre et Floresco (1898) (39,40) qui sont toutes des substances protéiques riches en fer.

Ces derniers auteurs, en étudiant la fonction martiale du foie chez tous les animaux en général, trouvent que le foie des Céphalopodes (poulpe vulgaire, seiche, calmar) contient 25 fois plus de fer, à poids égal, que les autres tissus (52 mgr. pour 2 mgr. de tissu sec).

Celui des Gastéropodes (Escargot, Buccin) en contient 5 à 6 fois plus que les autres tissus. Chez le Buccin, on trouve 15 milligrammes dans le foie et 1 mgr. 6 % dans le tissu sec.

Le foie des Lamellibranches contient 4 à 6 fois plus de fer

que tous les autres organes. Chez l'huître portugaise on trouve 11 milligrammes dans le foie et 1 mgr. 8 % dans le tissu sec.

Les auteurs concluent que le foie des mollusques possède une faculté de fixation élective pour le fer et non pour le cuivre. Dans le foie, ce métal n'est ni accidentel, ni d'origine alimentaire. Mais il est bien un élément sélectionné, mobile et mesuré.

Le sang de beaucoup d'Invertébrés est riche en cuivre et le tissu hépatique n'en contient sensiblement pas. En conséquence, le métal du foie est indépendant du pigment métallique du sang.

En rapprochant, d'une part, l'abondance des oxydations dans le foie et de l'autre le rôle oxydant du fer, on constate que la fonction martiale du foie est une fonction d'oxydation. Cette fonction martiale est commune à tous les animaux tandis que la fonction hématique du foie est spéciale aux vertébrés.

D'après nos résultats personnels, la teneur en fer du foie des Céphalopodes, varie entre 9,30 et 35 milligrammes % de tissu sec ; et la proportion de fer augmente avec l'âge de l'individu. Dans le foie de la seiche nous en avons dosé jusqu'à 137 mgr. 25 % de tissu sec.

Il semble que le cuivre, en dehors de la fonction de respiration, devrait jouer, sinon autant que le fer, au moins un certain rôle physiologique.

C'est dans le foie des Gastéropodes que la teneur en fer est la plus élevée. Pour 100 grammes de foie sec on trouve 91 mgr. 46 % (petit gris), 130 milligrammes (patelle) et 133 milligrammes (troque).

Le foie des Lamellibranches contient en moyenne 30 milligrammes de fer % de tissu sec, mais la proportion atteint 140 milligrammes % dans le foie des moules.

En présence, d'une part, de la grande richesse en diastases, et, de l'autre, de la haute teneur en fer dans le foie des Mollusques, on pense que ce métal joue un rôle important dans la fonction diastatique.

Wolff (142) a préparé des oxydases et des peroxydases artificielles et a bien développé cette étude très intéressante, surtout en envisageant la fonction oxydante que l'on attribue au fer.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DE QUELQUES PROTÉIDES DANS LE LIQUIDE CŒLOMIQUE DES MOULES (*Mytilus edulis*).

Le sang peut jouer son rôle physiologique dans la respiration, grâce au pigment respiratoire qu'il contient.

Ce pigment respiratoire résulte de la combinaison d'un protéide et d'un métal, excepté toutefois celui du groupe des Achroglobines. Ce composé métallo-protéidique a la propriété de se combiner à l'oxygène et de le céder facilement aux tissus.

Le métal est représenté par le fer dans le sang des vertébrés et par le cuivre ou le vanadium dans le sang de beaucoup d'invertébrés.

CHAPITRE PREMIER

PIGMENTS RESPIRATOIRES CHEZ LES INVERTÉBRÉS

Le nombre de pigments respiratoires chez les Invertébrés est relativement élevé. La plupart n'ont pas encore été étudiés d'une façon suivie ; l'existence même de certains d'entre eux reste fort douteuse.

Nous essayons de donner un court aperçu de l'état actuel de nos connaissances de ces pigments.

I. — Pigments respiratoires incolores.

Parmi ces pigments il y en a quatre qui sont des pigments respiratoires incolores, sans métal dans leur molécule. Ils ont tous été décrits par Griffiths. Cet auteur appelle α Achroglobine (69) le pigment respiratoire incolore du sang de patelle (*Patella vulgata*). Du sang de Chiton (71), il extrait un deuxième pigment respiratoire, la β Achroglobine. Il est intéressant de remarquer que le sang de Chiton est un liquide jaune, mais que son pigment jaune ou lutéine est exempt de toute fonction respiratoire.

Un troisième pigment (73), la γ achroglobine, a été extrait du sang des Tuniciers (*Ascidia*, *Malgula*, *Cynthia*). Puis il découvrit le dernier pigment incolore dans le sang de Doris. C'est la δ achroglobine (74).

Voici les formules respectives de ces quatre pigments respiratoires sans métal.

		C	H	N	So
		—	—	—	—
Patelle	Achroglobine	523	761	196	140
Chiton	—	621	814	135	169
Tunicien	—	521	915	194	183
Doris.....	—	659	792	165	153

II. — Pigments respiratoires incolores.

Les pigments respiratoires colorés sont plus nombreux que ceux du groupe précédent.

1° CHLOROCRUORINE (68).

En 1838, Milnes Edwards découvre une matière verte dans le sang de certains vers (*Sabella*). M. Lankester établit (1868) que cette matière verte est un pigment respiratoire comparable à l'hémoglobine.

L'analyse des cendres du sang de Sabelle donne 3, 42 % de cuivre.

2° HÉMÉRYTHRINE (72).

C'est un pigment rouge, découvert par Krukenberg. Il se trouve dans le sang des Sipuncules. Quoiqu'il contienne du fer dans sa molécule, il ne présente pas de bande d'absorption et ne donne pas de cristaux d'hémine. La moyenne de deux analyses de cendres de sang des Sipuncules donne 0, 13 % de $\text{Fe}^2 \text{O}^3$.

3° ECHINOCHROME (70).

Ce pigment brun a été découvert en 1883 par Mac Munn dans le liquide périviscéral de certains Echinodermes (*Echinus esculatus*, *Strongyloceunotus*, *Echinus Sphoera*, etc.). Cet auteur trouve de l'hématoporphyrine dans le tégument de l'*Asteria nubens* et d'autres Echinodermes. Elle pourrait être un dérivé de l'Echinochrome existant dans le fluide périviscéral de ces échinodermes.

Il est probable que ce pigment est, chez les animaux inférieurs, l'équivalent de l'hémoglobine chez les animaux supérieurs.

4° HÉMOGLOBINE.

D'une façon générale le sang des Mollusques est incolore. Mais chez certaines espèces, il est coloré en rouge par l'hémoglobine. Cette hémoglobine se trouve localisée soit dans le plasma (*Planorbis*) soit dans les hématies (*Pectonculus*, *Arca*, *Neomemimorpha*, etc.).

Lankester montre que la couleur rouge de la musculature buccale des gastéropodes est due à une imprégnation par l'hémoglobine.

En 1816, Ermann constate la présence du fer chez le *Planorbe* et celle de l'hémoglobine a été bien étudiée par Lankester (1867-1870). L'identification de cette hémoglobine avec celle des vertébrés est due à Sorby (1876).

D'après Schumm l'hémoglobine contient 0,38 à 0,48 % de fer.

5° PINNAGLOBINE (67).

Ce soi-disant pigment respiratoire a été découvert par Griffiths dans le sang d'un gros mollusque bivalve le *Pinna squamosa*. Le sang est un liquide blanc qui, exposé à l'air, prend une couleur brunâtre. L'auteur trouve que 100 grammes de cette globuline absorbent 162 centimètres cubes d'oxygène à 0 et 760 millimètres. L'analyse des cendres de ce sang donne 0,19 % de MnO^2 . D'après l'auteur la Pinnaglobine contient 0,35 % de manganèse.

En 1919, Phillipi (122), par dialyse du sang de *Pinna squamosa*, ne peut obtenir la globuline cristallisée, toutefois il constate la présence de manganèse.

En étudiant les propriétés catalytiques de quelques métaux respiratoires, Fulton (59) doute fort de l'existence de cette pinnaglobine.

Récemment Henze (79) (1926) reprit cette question. Il montre que les recherches de Griffiths ont porté non sur le sang proprement dit mais sur le liquide péricardique. En examinant attentivement un de ces gros vaisseaux, il voit que le liquide n'est pas brun. Ce liquide péricardique n'absorbe pas l'oxygène,

et, quand il est exposé à l'air, il prend une légère coloration brune. Il ne contient presque pas de protéide. Les cendres donnent nettement la réaction du manganèse. Voici les résultats de 2 analyses :

	N	Mn
I	3,8 %	0,49 %
II	3,8 %	0,60 %

L'auteur conclut que le pigment isolé par Griffiths est une protéide (N = 3,8 %) exempte de propriétés respiratoires et contenant 0,6 % de manganèse, et que la Pinnaglobine n'existe pas.

6° PIGMENT RESPIRATOIRE A VANADIUM.

En 1843, Harless constate que, sous l'influence de l'air atmosphérique, le sang incolore de *Phallusia* devient bleu en quelques minutes et qu'en faisant passer un courant d'oxygène cette coloration persiste.

En étudiant les pigments sanguins chez les Tuniciers, en général, Krukenberg signale le même fait mais pense que ce pigment n'a pas de signification respiratoire.

Après avoir étudié les différents teneurs en gaz du sang chez les Invertébrés, Winterstein dit que le sang du Phallusiane contient aucun protéide spécifique capable de se combiner avec l'oxygène.

Henze (78) (1911) reprend la question chez les Ascidies. L'auteur est frappé par la forte acidité des globules sanguins obtenus par centrifugation. Par l'hémolyse de ces globules tout le pigment passe dans la solution qui, peu après, devient brun foncé. Au moyen de l'acétone, ce pigment a été extrait de la solution. Il donne toutes les réactions du vanadium. Les recherches qualitatives du manganèse, du fer et du nickel ont été négatives.

Les cendres de ce pigment contiennent 15 % de V_2O_5 .

7° HÉMOCYANINE.

D'après Kobert, Erman a étudié, en 1817, la couleur bleue du sang de l'Escargot. Puis Caries (1824), Wharton (1846), Genth (1852), Schlossberger (1857) et Guénot (1893) ont travaillé sur le sang de beaucoup d'autres animaux marins.

En 1847, Harless signale la présence du cuivre dans le sang de l'Eledone, et d'*Helix pomatia*. L'auteur insiste sur ce fait que le cuivre ne s'y trouve pas sous forme de sel libre mais combiné à une protéide. Et cette protéide, différente de celle des globules du sang, a la propriété de se combiner à l'oxygène pour former une substance analogue à l'oxyhémoglobine.

C'est seulement en 1878 que Frédéricq (58), après une étude approfondie du sang de l'*Octopus vulgaris*, baptise ce cuproprotéide du nom d'Hémocyanine. Il montre qu'elle se trouve dans le plasma, tandis que l'hémoglobine est dans les éléments figurés du sang. Quand elle est agitée avec de l'air, l'hémocyanine se combine facilement avec l'oxygène pour devenir bleue, mais dès qu'il n'y a plus d'oxygène, l'hémocyanine redevient incolore.

La similitude des propriétés et des réactions entre l'hémocyanine et l'hémoglobine est montrée par Henze (77) (1901). A partir du sang de l'*Octopus vulgaris*, Henze obtient une hémocyanine cristallisée contenant 0,38 % de cuivre et un gramme de cette hémocyanine cristallisée peut se combiner avec 0 gr. 4 d'oxygène.

La pluralité des hémocyanines est constatée par Griffiths (1872), puis affirmée par Lankester (1872), Krukenberg (1880), Halliburton (1885-1886) et Dubois (1900). Ces auteurs ont montré que le pouvoir de l'hémocyanine de se combiner à l'oxygène varie plus ou moins suivant la provenance.

En étudiant l'hémocyanine du sang de *Limulus polyphenus*, Alsberg et Clark (3) (1910) constatent que la teneur en cuivre est de 0,28 % seulement au lieu de 0,38 % dans l'*Octopus*. Ils ne peuvent l'obtenir cristallisée en suivant la méthode de Hofmeister. Ils montrent que le cuivre se trouve dans une combinaison très lâche avec le protéide et, qu'après cinq jours de

dialyse dans de l'eau très légèrement acide, l'hémocyanine ne contient plus que 0, 136 % de cuivre au lieu de 0, 28 %.

Dhéré (43) (1900-1919) étudie la capacité respiratoire de l'hémocyanine en relation avec la teneur en cuivre hématique et conclut que le pouvoir de l'hémocyanine de se combiner à l'oxygène dépend essentiellement de la quantité de cuivre de l'hémocyanine. Ce fait a une grande importance physiologique ; il explique pourquoi l'hémocyanine de l'*Octopus* contient 0, 38 % de Cu tandis que celle de *Lumulus* n'en contient que 0,28.

Mendel et Bradley montrèrent que la teneur en cuivre hématique est plus élevée chez les animaux marins dont la vie est active que chez ceux dont la vie est sédentaire.

Voici la teneur en cuivre de 100 centimètres cubes de sang de quelques animaux marins (Dhéré) :

<i>Helix pomatia</i>	6,5 — 12,5 mgr. Cu
<i>Octopus vulgaris</i>	8 — 23,5 — —
<i>Cancer pagurus</i>	3,5 — 13,5 — —
<i>Palinurus vulgaris</i>	7,5 — 11,0 — —
<i>Homaris vulgaris</i>	9,5 — 10,5 — —
<i>Astacus fluvialis</i>	4,0 — 8 — —

Plus heureux que Frédéricq, Phillippi est arrivé à décomposer l'hémocyanine en un pigment cuprique et un protéide semblable à une globuline.

Disons, en passant, que Bradley dénomme sycotypine le protéide à base de zinc du *Sycotypus caniliculatus*, et que Mendel et Bradley (112) trouvent 1,2 de Cu et 0,7 de Zn pour 100 grammes de matière sèche dans le foie de cet animal et qu'ils pensent que ces métaux, en réserve dans le foie, forment dans le sang un protéide respiratoire particulier.

Enfin, Hiltner et Wichmann (82), ayant trouvé le cuivre et le zinc aussi bien dans les tissus que dans le liquide cœlomique de l'huître, proposent d'appeler ces complexes métalliques « Hemo-cuprazin ou Hemozincin ».

Voici les formules respectives de quelques pigments respiratoires :

	C	H	N	S	O
Vers (Seballe) Chlorocruorine.....	560	845	143 Fe	S ³	167
Sipunculus, Hemerythrine.....	427	561	135 Fe	S ²	153
Echinodermes (Echinus esculatus)					
Echinochrome	102	99	12 Fe	S ³	12
Mollusque (Gastropode) Hémocya -					
nine	867	1363	223 Cu	S ⁴	253

II. — Technique et recherches personnelles.

Dans ce chapitre nous nous proposons d'étudier les différents protéides du sang des moules et leur teneur relative en métaux. Pour cette étude nous choisissons le liquide cœlomique des moules qu'il est facile de se procurer sur le marché parisien.

Griffiths a signalé la présence de l'hémocyanine dans le sang des moules. Il est intéressant de savoir s'il n'y a, dans le sang, que du cuivre ou s'il y a d'autres métaux protéidiques et en quelle proportion ils s'y trouvent.

Dans la première partie de nos recherches les matières protéidiques sont précipitées par l'alcool à 95 degrés. Deux volumes d'alcool pour un volume de liquide cœlomique, les précipitent presque en totalité. On dose ensuite les différentes proportions de métaux.

Le tableau I donne les résultats de quatre analyses faites chacune sur 20 centimètres cubes de liquide cœlomique.

Dans la seconde partie de nos recherches, les différents protéides sont fractionnés suivant leurs points iso-électriques et dialysés.

On emploie 450 centimètres cubes de liquide cœlomique provenant de 3 kgr. 1/2 de moules achetées à Paris.

Après la centrifugation du liquide cœlomique, on a deux parties: le culot et le liquide surnageant.

1° Le culot a été lavé à plusieurs reprises avec une solution de chlorure de sodium à 30 p. 1000. Ce liquide constitue l'eau de lavage.

Au moyen d'eau bidistillée on hémolyse les globules contenus dans le culot. Les résidus globulaires constituent une troisième fraction.

2° Le liquide surnageant, de réaction légèrement alcaline (Ph. 7,82) est ramené exactement à pH 7, au moyen d'une solution d'acide acétique à 1 p. 250. On agite et on laisse déposer une nuit. Puis on centrifuge et on recueille le précipité de neutralisation.

Dans ce liquide cœlomique rigoureusement neutre, on précipite toutes les globulines par du sulfate d'ammonium à demi-saturation (un volume de liquide pour un volume de solution saturée de sulfate d'ammonium neutre).

On purifie ces globulines par dissolution et reprécipitation. Les globulines purifiées sont fractionnées successivement par du sulfate d'ammonium à différentes concentrations.

Dans le liquide, débarrassé de globulines on amorce un peu la précipitation des albumines par l'addition d'une petite quantité de sulfate d'ammonium ; puis on les précipite par l'acide sulfurique N/5. Après quelques essais préalables on arrive à fractionner les albumines suivants leurs points isoélectriques. Les dernières traces d'albumines sont précipitées par la chaleur.

L'azote de chaque protéide est dosé par la micro-méthode de Dumas.

Voici les résultats de nos analyses :

TABLEAU I

Protéides précipités par l'alcool

(20 cc. de liquide cœlomique + 40 cc. d'alcool à 95°).

N° des essais	Matière sèche en grammes	Cendres en grammes	en milligrammes		
			Fe	Mn	Cu
I	0,107	0,059	0,100	0,008	0,015
II	0,116	0,064	0,110	0,010	0,020
III	0,106	0,063	0,100	0,008	0,020
IV	0,087	0,041	0,090	0,006	0,015

TABLEAU II
Teneur en métaux de différentes fractions du culot de centrifugation
et du précipité de neutralisation

	Matière sèche en grammes	N 0/0 de matière sèche	Cendres	Métaux trouvés en milligrammes			
				Fe	Cu	Mn	Zn*
Eau de lavage							
{ Protéides	0,368	1,19	0,295	0,050	0,450	0	0,015
{ Dialysat	0,310	0,13	0,280	0,050	0,050	0	0,015
Eau d'hémolyse							
{ Protéides	0,079	10,71	0,030	0,200	0,440	0,002	0,025
{ Dialysat	0,186	0,78	0,146	0,210	0,300	0,002	0,010
Résidus globulaires							
{ Protéides	0,482	10,4	0,281	2,000	0,400	0,024	0,040
{ Dialysat	0,024	négligeable	0,017	0,100	0,045	0,003	0,010
Précipité	0,047	8,99	0,010	0,060	0,110	0,001	0,020
de neutralisation	0,072	0	0,061	0,075	0,040	0	0,010
Total							
{ Protéides	0,924		0,616	2,310	0,800	0,027	0,100
{ Dialysat	0,592		0,504	0,431	0,435	0,005	0,045
	1,516		1,120	2,740	1,235	0,032	0,145

* Zinc est dosé par la méthode diaphanométrique.

TABLEAU III

Teneur en métaux de quatre fractions des globulines

	Solution saturée de S ¹ / ₄ Bm ²	S ¹ / ₄ Bm ² rapporté à 100 en grammes	Matière sèche en grammes	Protéides rapportés à 100 en grammes	N % de matière sèche	Cendres en grammes	Métaux en milligrammes			
							Fe	Cu	Mn	Zn
Globuline I	40 cc.	40,34	0,453	17,03	10,24	0,019	0,025	0,050	0	0,015
Globuline II . . .	50 cc.	49,85	0,339	54,78	12,85	0,010	0,440	0,210	0,002	0,030
Globuline III . . .	70 cc.	29,26	0,213	78,50	14,03	0,008	0,450	0,050	0	0,020
Globuline IV . . .	90 cc.	37,50	0,193	100	16,89	0,007	0,050	0,045	0	0,010
Total			0,998			0,044	0,635	0,355	0,002	0,075
Dialysat des globulines et des albumines . . .			0,450			0,320	1,450	1,400	0,013	0,120

TABLEAU IV

Teneur en métaux de cinq fractions des albumines

	Volume de N $\frac{S^{4}H_2}{5}$ ajouté	Ph du milieu	Matière sèche en gramme	Protéides rapportés à 100 en gramme	N % de matière sèche	Cendres en grammes	Métaux trouvés en milligrammes:			
							Fe	Cu	Mn	Zn
Albumine I	22 cc. 5	6,76	0,078	19,50	19,23	0,006	0,025	0,050	0	0,010
Albumine II ...	22 cc. 5	5,20	0,139	54,25	17,92	0,001	0,015	0,040	0	0,015
Albumine III ..	22 cc. 5	4,53	0,092	77,25	22,31	0,006	0,050	0,050	0,002	0,020
Albumine IV ...	22 cc. 5	3,94	0,070	94,85	20,80	0,012	0,010	0,030	0	0,010
Albumine V	chaleur	3,94	0,021	100,00	16,77	0,002	0,050	0,060	0,004	0,020
Total	90 cc.		0,400			0,027	0,150	0,230	0,003	0,075
Dialysat des glo- bulines et des albumines ...			0,450			0,320	1,150	1,100	0,013	0,120

TABEAU V

Métaux protéidiques de 450 emc. de liquide cœlomique

(en milligrammes)

	Total	Métaux dialysables	Métaux non dialysables	Rapporté à 100	
				Métaux dialysables	Métaux non dialysables
Fe.....	4,675	1,581	3,095	33,80	66,20
Cu	2,920	1,535	1,385	52,57	47,43
Mn	0,050	0,018	0,032	36,00	64,00
Zn	0,415	0,165	0,250	39,76	60,24

III. — Interprétation et conclusions.

Dans le liquide coelomique des moules, la teneur en fer (4 mgr. 675 pour 450 cmc.) est la plus élevée.

Le manganèse s'y trouve en très faible proportion (0 mgr. 50 pour 450 cmc.).

Presque la moitié du fer et du cuivre est liée aux protides du culot de centrifugation et du précipité de neutralisation.

Les résidus globulaires sont très riches en métaux.

Il semble que la teneur en métaux est plus élevée là où le pourcentage d'azote est plus grand.

Il n'y a que 33, 80 à 39,79 % du fer, manganèse et zinc qui sont dialysables, tandis que plus de la moitié du cuivre (52,57 %) dialyse. Ce fait est dû, peut être, à la grande facilité de dissociation de l'hémocyanine.

Alsberg et Clark montrent que de l'hémocyanine contenant 0,143 % de cuivre n'en a plus que 0,130 % après une dialyse de cinq jours dans un milieu très légèrement acide.

Contrairement au cuivre hématique, le cuivre lié aux tissus est beaucoup moins dissociable que les autres métaux. D'après Rose et Bodansky, en faisant dialyser le tissu des huîtres pendant soixante-douze heures, 12,2 % du cuivre passent dans le dialysat.

Dans les globulines et les albumines dialysées, on trouve seulement 0 mgr. 005 de manganèse tandis qu'on en trouve 0 mgr. 013 dans le dialysat. Après dialyse, les résidus globulaires du culot de centrifugation contiennent 0 mgr. 024 de manganèse, tandis que le dialysat n'en contient que 0 mgr. 003. Ce fait nous laisse supposer que le manganèse est un élément normal des globules du sang des moules ~~mais il n'apparaît pas~~ ^{et il en} ^{possible} que ce métal puisse jouer un rôle physiologique important en raison de sa faible proportion dans les globulines et dans les albumines.

Le manganèse des tissus est également moins dissociable que celui des globulines ou des albumines. Après avoir dialysé quatre-vingt seize heures le tissu des *Helix aspersa*, on constate que 46,66 % du manganèse ont passé dans le dialysat.

Après une simple cuisson de quatre ou cinq heures, on trouve seulement 8,57 % de manganèse dans le filtrat. Par conséquent il y a plus de manganèse dans le dialysat que dans le filtrat.

Dans les matières protéidiques du sang des moules, il y a 39,76 % du zinc qui sont dialysables. D'après Bodansky 49,5 % du zinc du tissu des huîtres passent dans le dialysat.

En présence de cette teneur élevée en fer aussi bien dans les globulines (0 mgr. 635 de Fe pour 0 gr. 998 de substance sèche) que dans les albumines (0 mgr. 150 de Fe pour 0 mgr. 400 de substance sèche), on est amené à penser que ce métal doit jouer un rôle physiologique important dans le sang des moules.

Il est possible que ces protides, riches en fer, contiennent un ou plusieurs pigments à base de fer tels que le chlorocruorine, l'hémérythrine, l'échinochrome, l'hémoglobine ou un autre pigment ferrugineux inconnu ou bien que le fer ne joue ici qu'un rôle catalytique.

Au point de vue de leur nature, ces protéides se différencient les uns des autres soit par leurs points isoélectriques, soit par leur teneur différente en métaux, soit encore par leurs proportions d'azote.

En raison de la pluralité des protéides, on peut supposer que tel ou tel protéide a une affinité spéciale pour un métal quelconque ou pour certains métaux bien déterminés. Remarquons que les albumines III et V, et la globuline II sont plus riches en métaux que les autres fractions.

Contrairement aux éléments plastiques liés aux résidus globulaires, les métaux combinés aux globulines et aux albumines, sont des éléments catalytiques. Il en résulte que la globuline II et les albumines III et V, riches en métaux, devraient être plus actives que les autres protéides.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Albrecht (G.)*. — Chemical study of several marine mollusks of the Pacific Coast (J. Biol. Ch., t. 45, p. 395, 1920-1921).
2. — Chemical study of several marine mollusks of Pacific Coast. The liver (J. Biol. Ch., t. 57, p. 789, 1923).
3. *Alsberg (C.-L.)* et *Clark (E.-D.)*. — The hamocyanin of *Limulus polyphemus* (J. Biol. Ch., t. 8, p. 1, 1910-1911).
- 3a *Aston (B.-C.)*. — Chemistry of bush sickness (Travaux de l'Institut de la Nouvelle Zélande, vol. 44, 1911).
4. *Balland*. — J. Pharm. Chim., série 4, t. 27, p. 469, 1878.
5. *Benson (B.)*. — La présence du zinc dans les aliments d'origine végétale. Contribution à l'étude du rôle physiologique du zinc chez les animaux. Thèse Paris, 1923.
6. *Bertrand (G.)*. — Sur le latex de l'arbre à laque (C. R. Ac. Sc., t. 118, p. 1215, 1894).
7. — Recherche et dosage de petites quantités de manganèse en particulier dans les substances organiques (Bull. Soc. Ch., 4^e série, t. 9, p. 361, 1911).
- 7a *Bertrand (G.)* et *Agulhon (H.)*. — Emploi du sulfate d'aluminium comme engrais catalytique (VIII^e Congrès intern. de Chim. appl. tenu à New-York, t. XV, p. 39, 1912).
8. *Bertrand (G.)* et *Medigreceanu*. — Recherche sur le manganèse normal du sang (Ann. Inst. Pasteur, t. 26, p. 1013, 1912).
- 8a — Sur une méthode permettant de séparer quantitativement d'un mélange complexe de très petite quantité de cuivre, zinc, nickel et cobalt (Bull. Soc. Ch., p. 1539, 1923).
9. — Recherche sur la présence du manganèse dans la série animale (Ann. Inst. Pasteur, t. 27, p. 282, 1913).
10. — Recherche sur la présence et la répartition du manganèse dans les organes des animaux (Ann. Inst. Pasteur, t. 27, p. 1, 1913).
- 10a — Sur la fixation temporaire et le mode d'élimination du manganèse[•] chez le lapin (C. R. Ac. Sc., t. 155, p. 1556, p. 1912).
- 10b — *Bertrand (G.)* et *Nakamura (H.)*. — Sur l'importance physiologique comparé du fer et du zinc (C. R. Ac. Sc., t. 179 p. 129, 1924).

11. *Bertrand (G.) et Rosenblatt (Mme).* — Recherche sur la présence du manganèse dans le règne végétal (Ann. Inst. Pasteur, t. 33, p. 815, 1921).
12. — Sur la répartition du manganèse dans l'organisme des plantes supérieures (Ann. Inst. Pasteur, t. 36, p. 230, 1922).
13. — Recherche sur les variations de la teneur en manganèse des feuilles avec l'âge (Ann. Inst. Pasteur, t. 36, p. 494, 1922).
14. — *Bertrand (G.) et Vladesco.* — De la répartition du zinc dans l'organisme du cheval (C. R. Ac. Sc., t. 174, p. 1016, 1920).
15. — Sur les causes de variation de la teneur en zinc des animaux vertébrés. Influence de l'âge (C. R. Ac. Sc., t. 172, p. 698, 1921).
16. — Sur l'intervention probable du zinc dans les phénomènes de fécondation chez les animaux vertébrés (Bull. Soc. Chim., t. 31, p. 790, 1922).
17. — Sur la teneur en zinc, du corps de certains organes des invertébrés (Bull. Soc. Chim., t. 33, p. 341, 1923).
18. *Birckner (V.)* — The zinc content of some food products (J. Biol. Ch., t. 38, p. 191, 1919).
19. *Bizio (Bartolameo).* — Ann. dell. Scien. del Regno lomb. ven., t. 34, 1833.
20. *Bodansky (M.)*. — Biochemical study on marin organismus. The occurrence of zinc (J. Biol. Ch., t. 44, p. , 1920).
21. — La répartition du zinc dans l'organisme du poisson (C. R. Ac. Sc., t. 173, p. 790, 1922).
22. *Boussingault.* — Agronomie ; Chimie agricole et physiologique, 2^e édit. Paris, t. 5. p. 108, 1860.
23. — Recherche du fer dans le sang d'un animal invertébré (C. R. Ac. Sc., t. 75, p. 173, 1872).
24. *Boycott.* — Molluscs in land (Nature, 1917).
25. *Bradley (H.C.)*. — The occurrence of zinc in certain invertebrates (Sciences, t. 19, p. 196, 1903).
26. — Manganèse. A normal element in the tissu of the fresh water clams (J. Biol. Ch., t. 3, p. 151, 1907).
27. — Manganèse of the tissu of lower animals (J. Biol. Ch., t. 8, p. 237, 1910-1911).
28. *Bunge.* — Cours de chimie biologique. Masson, édit. Paris, 1894, p. 94.
29. *Bütchli.* — Abhand. König. Ges. Wiss. Göttingen N. F., 6, 1908.
30. *Camerer.* — Zeit. f. Biologie, t. 46, p. 371, 1903.
31. *Chigliatto (C.)*. — L'existence du zinc dans l'organisme humain (Ann. des Falsific. et des Fraudes, t. 123-124, 1919).

32. *Church (A. H.)*. — Research on Turacin, an animal pigment containing copper (Proc. Roy. Soc. London, t. 183, p. 511, 1892).
33. *Cotte (C.)*. — Sur la présence du manganèse et du fer chez les éponges (C. R. Soc. Biol., t. 55, p. 139, 1903).
34. *Cristol (P.)*. — Contribution à l'étude de la physiopathologie du zinc et en particulier de sa signification dans les tumeurs. Thèse Méd. Montpellier, 1922.
35. — Zinc et cancer (C. R. Ac. Sc., t. 174, p. 887, 1922).
36. — Etat actuel de nos connaissances sur la physiopathologie du zinc (Progrès Médical, n° 16, 1927).
37. *Cuzent*. — J. de Chimie méd., p. 295, 1863.
38. *Dastre*. — De l'élimination du fer par la bile (Arch. Physiol. nor. path., sér. 5, t. 3, 1891).
39. *Dastre et Floresco*. — Fonction martiale du foie chez tous les animaux en général (Archiv. physiol. nor. path., t. 10, p. 176, 1898).
40. — Fonction martiale du foie chez les vertébrés et chez les invertébrés (C. R. Ac. Sc., p. 378, 1898).
41. *Delezenne*. — Le zinc constituant cellulaire de l'organisme animal. Sa présence et son rôle dans le venin de serpent. Thèse Paris, 1919 (et Ann. Inst. Pasteur, 1919).
42. *Demarçay (Eug.)*. — Sur la présence dans les végétaux du Vanadium, du Molybdène et du Chrome (C. R. Ac. Sc., t. 130, p. 1, 1900).
43. *Dhéré*. — Le cuivre hématique et la capacité respiratoire de l'émocyanine (C. R. Soc. Biol., t. 52, p. 438, 1900).
44. — C. R. Soc. Biol., t. 53, p. 1161, 1903.
45. — C. R. Ac. Sc., t. 157, p. 309, 1913.
46. — J. physiol. path. gén., t. 14, p. 985, 1914.
47. — J. physiol. path. gén., t. 18, p. 122, 1919.
48. *Dieulafoy*. — Le zinc. Son existence à l'état de diffusion complète dans toutes les roches de la formation primordiale et dans les eaux de mer de tous les âges (C. R. Ac. Sc., t. 90, 1880).
49. *Döring*. — Inaug. Diss. Göttingen, 1872.
50. *Drinker (K. R.)*, *Fehnell (J. W.)* et *Marion Marsh*. — The normal excretion of zinc in the urine and feces of man (J. Biol. Ch., t. 72, p. 375, 1927).
51. *Dubois (R.)*. — Sur le cuivre normal dans la série animal (C. R. Soc. Biol., t. 52, p. 392, 1900).
52. *Fairhall (L. J.)*. — The nutritive value of inorganic substances. A study of the normal zinc metabolism with particular reference to the calcium metabolism (J. Biol. Ch., t. 70, p. 495, 1926).
53. — The estimation of zinc in biological material (J. Ind. Hyg., t. 8, p. 165, 1926).

54. *Ferrand*. — *Ostreonomie*. Huîtres toxiques et huîtres comestibles diverses. Lyon, 1863.
55. *Fleurent (E.)*, *Lévi (L.)*. — Sur la présence du cuivre dans l'organisme végétal et animal (Bull. Soc. Ch., t. 27, p. 440, 1920).
56. *Forchhammer*. — On the composition of sea water in the different parts of the océan (Philos. Trans. Roy. Soc., t. 153, p. 203, 1863).
57. *Forster*. — Versuche über die Bedeutung des Aschebestandteile in der Nahrung (Zeit. f. Biologie, Bd. 9, S. 297, 1873).
58. *Frédéricq (L.)*. — Bull. Acad. roy. Belgique, sér. II, t. 46, n° 11, 1878 et Arch. zool. exp., t. 7, p. 535, 1878.
59. *Fulton (F.J.)*. — The catalytic properties of the respiratory metals (Sciences, t. 53, p. 444, 1921).
60. *Geoffroy*. — Histoire de l'Académie royale des Sciences, année 1709, p. 39.
61. — Mémoire présenté à l'Académie royale des Sciences (le 12 nov. 1704). Paris, 1745, p. 278-286.
62. *Giaja (S.)*. — Le zinc dans l'organisme humain. Thèse Pharm. Paris, 1920.
63. *Giunti (M.)*. — Gazzetta chimica italiana, t. 9, p. 546, 1879.
64. — Ricerche sulla diffusione del Ramo nel Regno animal (Acad. reale delle Scienze. Napoli, 1881).
65. *Glenard*. — J. Pharm. Ch., 3^e sér., t. 26, p. 184, 1884.
66. *Griffiths*. — Chem. Zbl., I, 1903 (Nach Tabulae Biologicae).
67. — Sur la composition de la Pinnaglobine : une nouvelle globuline (C. R. Ac. Sc., t. 114, p. 840, 1892).
68. — Sur la composition de Chluorocrine (C. R. Ac. Sc., t. 114, p. 1279, 1892).
69. — Sur une globuline incolore qui possède une fonction respiratoire (C. R. Ac. Sc., t. 115, p. 259, 1892).
70. — Sur l'échinochrome : un pigment respiratoire (C. R. Ac. Sc., t. 115, p. 419, 1892).
71. — Sur une globuline respiratoire contenue dans le sang de Chiton (C. R. Ac. Sc., t. 115, p. 474, 1892).
72. — Hémérythrine ; un pigment respiratoire contenu dans le sang de certains vers. (C. R. Ac. Sc., t. 115, p. 669, 1892).
73. — Sur la Achroglobine, nouvelle globuline respiratoire (C. R. Ac. Sc. t. 115, p. 738, 1892).
74. — Sur la δ Achroglobine, globuline respiratoire contenue dans le sang de quelques mollusques (C. R. Ac. Sc. t., 116, p. 1206, 1893).
75. *Guérithault (B.)*. — Recherche et dosage de très petites quantités de cuivre chez les végétaux (Bull. Sc. pharm., p. 633, 1911).
- 75 a — Recherches sur la présence du cuivre chez les végétaux et dans

l'organisme humain à l'état normal et à l'état pathologique (cancer),
(Thèse pour le diplôme de Pharmacien supérieur, Paris, 1927).

76. *Hannon*. — Etude sur le manganèse (Extrait dans J. Pharm. Ch., t. 46, p. 41, 1849).
- 76a *Henriques (V.) et Roche (A.)*. — Recherche sur la teneur en fer du muscle dans la série animale (Bull. Soc. Ch. biol., t. 9, p. 501 et 527, 1927).
77. *Henze (H.)*. — Zur Kenntnis der Hamocyanin (Zeit. physiol. Ch. Bd 33, S. 370, 1901 et Bd 43, S. 290, 1901).
- 77a — Ueber den Kupfergehalt der Cephalopödenleber (Zeit. ph. Ch. Bd. 33, S. 447).
78. — Untersuchungen über das Blut der Ascidien (Zeit. physiol. Ch. Bd 79, S. 215, 1912).
79. — Ueber das sogenannte Pinnaglobine (Zeit. physiol. Ch., Bd. 162, S. 138, 1926).
80. *Herdmann (W. A.)*. et *Boyce (R.)* — Rep. Thompson-Yates Laborat Liverpool, II. 1898-1899.
81. *Hess, Supplee, Bellis*. — Woman's milk (J. Biol. Ch., t. 57, p. 725, 1923).
82. *Hiltner (R. S.)* et *Wichmann*. — Zinc in oyster (J. Biol. Ch., t. 38, 1919).
- 82a *Itallie (L. van)* et *Eck (J. J. van)*. — Sur la présence des métaux dans le foie de l'homme (Arch. d. Pharm., t. 251, p. 50, 1913).
83. *Jadin (F.)* et *Astruc (A.)*. — Quelques déterminations quantitatives du manganèse dans le règne végétal (C. R. Ac. Sc., t. 155, p. 406, 1912).
84. — Arsenic et manganèse dans les feuilles jeunes et âgées (C. R. Ac. Sc. t. 156, p. 2023, 1913).
85. *Jadin (F.)* et *Astruc (A.)* — Présence du manganèse dans les feuilles jeunes et âgées (Bull. Soc. Ch., t. 13, p. 1028, 1913).
86. *Jaillard*. — Annales d'hygiène, p. 276, 1881.
87. *Javillier (M.)*. — Recherche sur la présence et le rôle du zinc chez les végétaux Thèse Sciences, Paris, 1908.
- 87a *Javillier* et *Imas*. — Le manganèse et le zinc dans les grains de blé (Bull. Soc. ch. Biol., t. 8, p. 714, 1924).
88. *John*. — Die Ernährung der Pflanzen 1816 in Holland gekronte Preisschrift. Berlin, 1819, S. 250-275.
89. — Berliner Jahrbuch für Pharmacie, S. 413, 1820.
90. *Krukenberg (C. Fr. W.)*. — Mangan ohne nachweisbaren Mengen von Eisen in den Conkrationen aus dem Bojanusschen Organe von Pinna Squamosa (Aus dem « Untersuchungen aus den phisio-logische Institut der Universität Heidelberg ». Bd II, S. 287, 1878).
99. *Kunkel*. — Pfluger's Arch. Bd 5, S. 1, 1891.

- 91a *Langlois*. — Du cuivre dans les végétaux et dans le corps de l'homme (Bull. Ac. méd., t. 13, p. 142, 1847).
92. *Lechartier et Bellamy*. — Sur la présence du zinc dans les corps des animaux et dans les végétaux (C. R. Ac. Sc., t. 84, p. 687, 1877).
93. *Leclerc*. — Dosage du manganèse dans les sols et dans les végétaux (C. R. Ac. Sc. t. 75, p. 1209, 1872).
94. *Lehmann (K. B.)*. — Hygienische Studien über Rupfer (Arch. f. Hyg. Bd 24, S. 1-83, 1892).
95. *Lemery (N.)*. — Cours de Chymie, Paris.
- 95a *Lowe (W. F.)*. — Sur la présence du cuivre dans les huîtres (The Analyst, 1897).
96. *Lunin*. — Zeits. physiol. ch. Bd 5, S. 31, 1884.
97. *Lutz (R. E.)*. — The normal occurrence of zinc in biological materials: a review of the litterature, and a study of the normal distribution of zinc in the rat, cat and man (J. Ind. Hyg., t. 8, p. 177, 1926).
98. *Maquenne*. — Sur le dosage de très petites quantités de fer (Bull. Soc. Ch., t. 29, p. 585, 1921).
99. *Maquenne et Demoussy*. — Le cuivre dans la terre et dans les plantes (Bull. Soc. Chim., t. 27, p. 266 et 278, 1920).
100. — Sur la distribution et la migration du cuivre dans les tissus des plantes vertes (C. R. Ac. Sc., t. 170, p. 87, 1920).
101. *Maquenne et Cerighelli*. — Sur la distribution du fer dans les organes végétaux (Bull. Soc. Ch., t. 29, p. 899, 1921).
102. *Maumené (F. J.)*. — Sur l'existence du manganèse dans les vins et une foule d'autres produits végétaux ou animaux (C. R. Ac. Sc., t. 98, p. 1036, 1884).
103. — Sur l'existence du manganèse dans les animaux et les plantes, et son rôle dans la vie animale (C. R. Ac. Sc., t. 98, p. 1416, 1884).
104. *Mc Collum*. — On the absorption of iron in the animal body (J. Physiol., t. 16, p. 268, 1894).
105. *Mc Cracken (R. F.) et Passamaneck (E.)*. — Manganèse in urine (Arch. Path. Lab. Med., I. 585 ; 7, 1926, d'après Ch. Abst , 1926).
106. *Mc Margue (J. S.)*. — Further evidence that small quantities of Copper, manganese, and zinc are factors in metabolism animal (Am. J. Physiol., t. 70, p. 245, 1916).
107. — The association of manganese with vitamin (J. Agric. Research, t. 27, p. 417, 1924).
108. — The association of copper with substances containing the fat-soluble B vitamin (Am. J. Physiol., t. 72, p. 583, 1925).
109. — Occurrence of copper, manganèse, zinc, nickel and cobalt in soils, plants and animals, and their possible functions as vital factors (J. Agric. Research, t. 30, p. 193, 1925).

110. *Medigreceanu*. — On the manganese content of transplanted tumours (Proc. Roy. Soc. London, sér. B, t. 86, p. 174, 1913).
111. *Meissner (W.)*. — Schweigger's Jahrbuch der Chemie und Physik. Bd. 17, S. 340, u. 436, 1816.
112. *Mendel (L. B.) et Bradley*. — The inorganic constitution of the liver of *Sycotypus* (Am. J. Physiol., t. 14, p. 313, 1905).
113. *Menghinius Vincensius*. — De ferrarum particularum progressu in sanguinem. De Bononensi scientiarum et artium Institute atque Academia Conumentarie tonii secundi, pars tertia. Bononiae MDCCXLVII, p. 475-488.
114. *Meunier (J.) et Saint-Laurens (G.)*. — Sur des calculs biliaires humains à forte teneur en cuivre (C. R. Ac. Sc., t. 183, p. 1311, 1926).
115. *Mitkonski*. — Science, t. 3, p. 453, 1921.
116. *Mokragatz*. — Recherches sur la présence du zinc, du nickel, du cobalt dans les terres arabes. Thèse Paris, 1912.
117. *Nakamura (H.)*. — Recherches sur le besoin de fer dans l'organisme animal et sur le problème de la carence alimentaire. Thèse Sciences, 1924.
118. *Nelsen (J.)*. — New-Jersey Agric. Exp. Station (Ann. Report, t. 36, p. 246, 1915).
- 118a *Nott (H. W.)*. — British Med. J., t. 1, p. 443, 467; t. 2, p. 1289, 1923; t. 2, p. 109, 1926.
119. *Oidtmann*. — Die Anorg. Bestandteile der Leber, 1858.
120. *Pichard*. — Recherche et dosage rapide du manganèse dans les plantes et les terres végétales par une méthode colorimétrique (C. R. Ac. Sc., t. 127, p. 550, 1882).
121. — Contribution à la recherche du manganèse dans les minéraux, les végétaux et les animaux (C. R. Ac. Sc., t. 127, p. 1882, 1882).
122. *Phillippi (E.)*. — Zur Kenntnis der Häemocyanin (Zeit. physiol. Ch. Bd. 104, S. 88, 1919).
123. *Phillips*. — The results of an analytical search for metals in Tortugas marine organisms (Paper from the department of marine Biology of the Carnegie Institution of Washington. Publication 251, 1917).
124. *Raouet et Breton*. — Sur la présence ordinaire du cuivre et du zinc dans le corps humain (C. R. Ac. Sc., t. 133, p. 40, 1877).
125. *Reiman (C. K.) et Minot (A. S.)*. — A method for manganese quantitative in biological material together with data on the manganese content of human blood and tissues (J. Biol. Ch., t. 42, p. 329, 1920).
126. — Absorption and elimination of manganese injected as oxides and silicates (J. Biol. Ch., t. 45, p. 133, 1910-1921).

127. *Riche*. — Dosage de petite quantité de manganèse et recherche de ce métal dans le sang, dans le lait et dans l'urine (J. Pharm. Ch., 4^e série, t. 27, p. 538, 1878).
128. *Rose* (W. C.) et *Bodansky*. — The occurrence of copper in marine organisme (J. Biol. Ch., t. 44, p. 99, 1920).
129. *Rost* et *Weitzel*. — Zur Kenntniss des Vorkommens von Zink und Kupfer in den Ausscheidungen und organmengen des Menschen und in unsern Lebensmitteln (Arb. aus dem Reichgesundheitsa., 51 1919).
130. *Sarzeau*. — Journ. Pharm. Ch., t. 15, p. 1830, et t. 18, pp. 217, 332, 653, 1832.
131. *Schlossberg*. — Annalen der Chemie u. Pharmacie. Bd 98, S. 386, 1856.
132. *Severy* (H. W.). — The occurrence of copper and zinc in certain marine animals (J. Biol. Ch., t. 53, p. 79, 1923).
133. *Schneider* (R.). — Ueber Eiser Resorption in tierischen Organen und Geweben (Abhandl. Kais. Akad. Berlin, 1888).
134. *Shermann* (C.). — Chemistry of food and nutrition, New-Yook, 1921.
135. *Socin*. — In welcher Form wird das Eisen resorbiert ? (Zeit. physiol. Ch. Bd 15, S. 931, 1891).
136. *Spek*. — Zeit. wiss. Zool. Bd 118, 1921.
137. *Taverne* (H.J.). — Ned. Tijds Geneesk. 67 i 2810-2, 1923 (d'après Physiol. Abst., t. 9, 1924).
138. *Vedrödi*. — Das Kupfer als Bestandteile der Sandboden und unserer Cultur gewächse. Ungarischer vegetabilien (Chemiker Zeitung, n° 104, S. 1932, 1892).
- 138a *Viguiér*. — Presse méd. Paris, p. 899, 1923.
139. *Vladesco*. — Recherche sur la présence et le rôle du zinc chez les animaux. Thèse Sciences. Paris, 1921.
- 139a *Warburg* (O.). — Ueber Eisen den Saverstoffübertragenden Bestand teile des Atmungferments (Bioch. Zeitsch. Bd 152, S. 479, 1924).
140. *Weitzel* (A.). — Beitrage zur Bestimmung von Zink in organischen Stoffe, etc. (Arb. aus dem Reichgesundheitsamte, 51, 1919).
- 140a *White* (Cl. P.). — Copper in tumours and in normal tissus (The Lancet, p. 704, 1921).
141. *Willard* (J. T.). — On the occurrence of copper in oysters (J. Am. Ch. Soc., t. 30, p. 902, 1908).
142. *Wolff* (J.). — Contribution à la connaissance de divers phénomènes oxydasiques naturels et artificiels. Thèse Sciences, Paris, 1910.
- 142a *Yabusoe* (M.). — Ueber Eisen und Blutfurbssoffbestimmung in normalen Geweben und in Tumore gewebe (Bioch. Zeitsch. Bd 157, S. 388, 1925).

- 142b *Yagi (S.)*. — Ueber die Verteilung des Kupfers im tierischen Organismus und den Kupfergehalt der menschlichen Organe (*Arch. intern. de Pharmac.*, vol. 20, p. 51, 1910).
143. *Zanda (C.B.)*. — Il rame nelle acque minerali e nell'acqua di mare (*Biochimica terapia sperimentale*, t. II, p. 368, 1926).
144. *Zelinsky (N. D.)*. — De la métallisation des organismes par le cuivre (*C. R. Ac. Sc.*, t. 177, p. 1041, 1923).

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION.....	5

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE PREMIER. — <i>Quelques considérations générales sur le fer, le cuivre, le manganèse et le zinc en biologie</i>	11
CHAPITRE II. — <i>Historique et recherches antérieures du fer, du cuivre, du manganèse et du zinc chez les mollusques</i>	20
I. Le Fer en Biologie.....	20
A. — Sur la présence du fer chez les êtres vivants.....	20
a) Chez les végétaux.....	20
b) Chez les animaux.....	21
B. — Le Fer chez les Mollusques.....	23
II. Le Cuivre en Biologie.....	25
A. — Chez les végétaux.....	25
B. — Chez les vertébrés et l'homme.....	26
C. — Chez les animaux inférieurs.....	28
III. Le Manganèse en Biologie. — Découverte de la Laccase.....	31
A. — Manganèse des végétaux.....	32
B. — Manganèse normal du sang.....	34
C. — Manganèse des animaux.....	35
D. — Manganèse des Mollusques.....	36
IV. Le Zinc en Biologie.....	38
A. — Chez les végétaux.....	38
B. — Chez les animaux.....	39
C. — Chez les Mollusques.....	41
CHAPITRE III.....	43
I. Technique employée pour nos recherches personnelles.....	43
II. Etudes du fer, du cuivre et du manganèse chez les Mollusques.....	44
A) Chez les Céphalopodes (tableaux).....	45
B) Chez les Gastéropodes (tableaux).....	55
C) Chez les Lamellibranches (tableaux).....	73

III. Etude du zinc chez les Mollusques.....	109
A) Chez les Céphalopodes (tableaux).....	110
B) Chez les Gastéropodes (tableaux).....	110
C) Chez les Lamellibranches (tableaux).....	112
IV. Conclusions et interprétations des résultats.....	113
1° Le fer, le manganèse, le cuivre chez les Céphalopodes.....	113
2° Le fer, le manganèse, le cuivre chez les Gastéropodes.....	116
3° Le fer, le manganèse, le cuivre chez les Lamellibranches....	118
4° Le zinc chez les Mollusques.....	120
5° Le rôle du fer dans le foie.....	121

DEUXIÈME PARTIE

ETUDE DE QUELQUES PROTEIDES DANS LE LIQUIDE CÉLOMIQUE DES MOULES (*Mytilus edulis*).

CHAPITRE PREMIER. — <i>Pigments respiratoires chez les Invertébrés</i>	124
I. Pigments respiratoires incolores.....	124
II. Pigments respiratoires colorés.....	125
1° Chlorocruorine.....	125
2° Hémérythrine.....	125
3° Echinochrome.....	125
4° Emoglobine.....	126
5° Pinnaglobine ?.....	126
6° Pigment respiratoire à vanadium.....	127
7° Hémocyanine.....	128
CHAPITRE II.....	130
I. Technique et recherches personnelles (avec quatre tableaux)..	130
II. Interprétations et conclusion.....	136
BIBLIOGRAPHIE.....	139

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Le facteur hydro-soluble (Vitamine B)
et le mécanisme de son action
dans le métabolisme des glucides.

Paris, le 22 fév. 1928

Le Doyen de la Faculté des Sciences

C. MAURAIN.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLÉTY.

